



ANÁLISIS DE UN ESPACIO DE TRANSICIÓN COMO  
HERRAMIENTA PASIVA DE CONFORT. EL PATIO.

TRABAJO FIN DE GRADO. GRUPO K.

EL AAKROUTI OUALI, LAMIA.

TUTOR: CARLOS RIVERA GÓMEZ.

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES  
ARQUITECTÓNICAS I.

ETSA SEVILLA.

GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA.  
CURSO 2017-18.



FIGURA 1. A la izquierda la Facultad de Matemáticas. A la derecha la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.







*"El patio es el declive por el cual se derrama el cielo en la casa.", Jorge Luis Borges*

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a mi tutor, Carlos Rivera Gómez, por su labor más allá de la que debería, por resolver todas mis dudas y por la motivación que me ha transmitido en todo momento para poder llevar a cabo el trabajo.

Al equipo de investigación MORE PATIO, que hace referencia al Diseño Eco-Eficiente de Patios en edificios Mediante Modelos de Orden Reducido, por indicarme el sistema de monitorización y por ayudarme en todo momento.

Al director de la ETSIE, Valeriano Lucas Ruiz, y Ángel Fernández por permitirme y ayudarme en el proceso de monitorización dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Además, agradecer a Pilar González Moreno, de la Facultad de Matemáticas, por poner a mi disposición todos los medios necesarios para la instalación de los sensores de monitorización dentro de la facultad.

A mis padres, por ser el motor que me motiva a seguir adelante en todo momento y por apoyar todas mis decisiones.

A mis hermanos, Iman, Yasin y Ayman, por apoyarme, estar en todo momento, darme consejos en los peores y alegrarse por mí en los mejores.

A ellos, mis amigos, especialmente a José Antonio Barragán, María Jesús Hernández y Lucía Serrano, por ayudarme con la instalación de sensores, por darme los mejores momentos de esta carrera y por aguantarme todos estos años.



FIGURA 2. *Vista de las cubiertas de la Medina de Fez, Marruecos.*  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## ÍNDICE

1. RESUMEN _ ABSTRACT.....	11
1_1 PALABRAS CLAVE .....	14
2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	17
2_1 GENERALES.....	19
2_2 ESPECÍFICOS.....	19
3. OBJETIVOS.....	22
3_1 GENERALES.....	24
3_2 ESPECÍFICOS.....	24
4. METODOLOGÍA.....	25
5. ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	28
5_1 INTRODUCCIÓN.....	30
5_2 ESTUDIO HISTÓRICO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL.....	32
5_3 COMPORTAMIENTO PASIVO DELPATIO.....	35
5_4 PARÁMETROS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DEL EDIFICIO.....	39
5_5 COMPORTAMIENTO DEL AIRE.....	40

6.	CUERPO DEL TRABAJO.....	42
6_1	JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.....	44
6_2	ELEMENTOS PARA LA MONITORIZACIÓN.....	46
6_2_1	PROGRAMA DE ANÁLISIS.....	46
6_2_2	ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	46
6_2_3	CENTRO DE CONTROL.....	46
6_2_4	SENSORES.....	47
6_3	CONDICIONES CLIMÁTICAS DE SEVILLA.....	47
6_4	CASOS DE ESTUDIO SELECCIONADOS.....	48
6_5	DEFINICIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PLANIMETRÍA DE FACULTAD DE MATEMÁTICAS.....	49
6_5_1	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.....	52
6_5_2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS GRÁFICAS.....	53
6_6	DEFINICIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PLANIMETRÍA DE ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN.....	61
6_6_1	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.....	64
6_6_2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS GRÁFICAS.....	65
6_7	COMPARATIVA DE FACULTAD MATEMÁTICAS Y ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN .....	71
7.	CONCLUSIONES.....	72
7_1	GENERALES.....	74
7_2	ESPECÍFICAS.....	74
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
8_1	REVISTAS.....	78
8_2	LIBROS.....	78
8_3	ARTÍCULOS.....	79
8_4	OTROS LIBROS CONSULTADOS.....	80
8_5	PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	80
9.	ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	81





FIGURA 3. Mezquita de Mulai Driss en la Medina de Fez, Marruecos.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## 1\_ RESUMEN

El trabajo se centra en un espacio de confort propio de la vivienda típica de la arquitectura Mediterránea, el patio. El patio es un lugar con cualidades tales que permiten que un edificio actúe de forma autónoma de manera que se puede utilizar el soleamiento, la ventilación y la sombra que este proporciona a un edificio y emplearlo para la climatización, calefacción e iluminación del mismo. Así, introduciendo de manera óptima el diseño del patio en viviendas o edificios se puede

llegar a un gran ahorro energético. Este último, de gran interés en la actualidad por el impacto ambiental que estamos produciendo en la Tierra.

Por otro lado, la demanda del consumo eléctrico en la vivienda es elevada, ya que cada vez las viviendas requieren un mayor consumo para poder satisfacer las necesidades personales, para que los habitantes se encuentren en confort térmico en su habitáculo. Por tanto, con el objetivo de disminuir el consumo energético de la vivienda, se tiene en consideración el comportamiento del patio, como elemento singular, para reducir ese consumo, creando un edificio que se comporte de manera autosuficiente. Esto se consigue con el comportamiento pasivo que presentan los patios.

Como se ha podido comprobar (en la fase de documentación previa de este estudio), existen una gran cantidad de estudios sobre este tema, de especial interés encontramos el proyecto de investigación MORE PATIO, siendo la metodología del presente trabajo la recopilación de información de la evolución, el comportamiento y las características del patio con la intención de comparar las transformaciones que sufre un patio con la variación de parámetros tales como la humedad o la temperatura según la radiación solar incidente en el mismo. Esta comparación se realizará con sensores que se colocan en el propio edificio.

Por último, se trata de adquirir conclusiones sobre las mediciones que se van a obtener para determinar las dimensiones adecuadas y la relación profundidad y anchura (relación de aspecto A. R. *Aspect Ratio*), en función del clima y la latitud que se va a estudiar (Sevilla), para que un patio funcione mejor y se reduzca de alguna manera el impacto ambiental, reduciendo la demanda de energía eléctrica. Los casos de estudio son edificios con diferentes características: uno de planta rectangular que gira entorno a un patio de grandes dimensiones (Facultad de Matemáticas, Sevilla); y otro que cuenta con un patio de pequeñas dimensiones, en el que el patio no forma parte del espacio principal del proyecto (Escuela Técnica Superior de Edificación, Sevilla).

**1\_1 PALABRAS CLAVE:** patio, confort térmico, sistema de acondicionamiento pasivo, relación de aspecto, impacto ambiental.

## 1\_ ABSTRACT

The work focuses on a comfort space belonging to the typical Mediterranean architecture home, the courtyard. The courtyard is a place with attributes that allow the building to work in an autonomous way, so that the sunlight, the ventilation and the shade that it provides to a building can

be used for the air conditioning, heating and lighting of it. Thus, by introducing in an optimum way the design of the courtyard in houses or buildings a great energetic saving can be achieved. The latter, of today's great interest because of the environmental impact we are causing to the Earth.

On the other hand, the demand for electricity consumption at home is high, since each time houses require a higher consumption to meet the needs of people, so that they are in thermal comfort in their cabin. Therefore, in order to reduce the energy consumption of the house, the behaviour of the courtyard is taken into account, as a singular element, to reduce this consumption, creating a place which behaves in a self-sufficient manner. This is achieved through the passive behaviour of the courtyards.

As it has been proved (during the previous documentation phase of this study), there are large amounts of studies on this topic, being the MORE PATIO research project worth of interest, being the work methodology in the present study the collection of information on the evolution, behaviour and characteristics of the courtyard with the intention of comparing the transformations a courtyard goes through with the variation of parameters such as humidity or temperature depending on the incident solar radiation in it. This comparison is made with sensors that are placed in the building itself.

Finally, it refers to the acquisition of conclusions about the measurements obtained to determine the adequate dimensions and aspect ratio (depth/width), depending on the climate and latitude to be studied (Seville), so that a courtyard works better and the environmental impact is reduced in a way that minimizes the demand for electric power. The case studies are buildings with different characteristics: one with a rectangular floor plan that revolves around a large yard (Facultad de Matemáticas, Seville); the other having a small yard, in which the yard isn't a part of the main space of the project (Escuela Técnica Superior de Edificación, Seville).

**1\_1 KEYWORDS:** courtyard, thermal comfort, passive conditioning systems, aspect ratio, environmental impact.





2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

FIGURA 4. *Patio situado en el interior de la Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



## 2\_ JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

### 2\_1 MOTIVOS GENERALES

El de los patios se ha convertido en un tema fundamental de estudio ya que gracias al análisis de su comportamiento se puede determinar de una u otra manera como reducir el impacto ambiental.

### 2\_2 MOTIVOS ESPECÍFICOS

El interés por realizar este trabajo de investigación se debe a tres motivos concretos. Uno cultural, otro social y, por último, uno más científico.

El primer tema de ellos es uno más personal, es un motivo quizás de **cultura**. El hecho de visitar multitud de casas patio durante mi niñez y adolescencia, en las diferentes ciudades de Marruecos (aunque más destacable la ciudad de Fez<sup>1</sup> – **Figura 5** -, y habitar en ellas durante meses en la época de verano ha ido creando en mí un apego e interés en esta tipología habitacional. El patio ha sido y es un espacio que habitualmente ha reunido a la familia, y nos ha servido para refrescarnos en las noches calurosas de verano. Igualmente, en la vivienda de mi abuela, siempre ha existido un patio y que a pesar de las reformas y rehabilitaciones que ha sufrido el edificio, siempre se ha conservado el patio como el espacio más importante, ya que si se retiraba se consideraba pérdida la esencia de lo que se conoce como hogar. Por otro lado, visitar lugares típicos de Sevilla como el Real Alcázar, el Patio de los Naranjos de la Catedral, el Rectorado, etc. e incluso en la ciudad de Córdoba – **Figura 6** -, donde los patios van conformado pequeñas plazas y espacios de oxigenación en el interior del centro histórico, me ha hecho pensar que cual es el motivo por el que ha funcionado tan bien esta tipología en edificios de diferentes tamaños. También, la inclinación por este tema se debe a un interés por su aplicación en la práctica, tras finalizar la carrera.



FIGURA 5. Plaza-Patio en la medina de Fez, Marruecos.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



FIGURA 6. Plaza-Patio en la ciudad de Córdoba, España.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

1. La ciudad de Fez está ubicada en el norte de Marruecos y en ella se encuentra la Medina de Fez que fue declarada por la Unesco como Patrimonio de la Humanidad en 1981.

La otra causa, es un tema con efecto en toda la sociedad, es decir por un motivo **social**. Cada vez aumenta más el consumo eléctrico. Este aumento se debe a que cada vez más las personas requerimos de mayor consumo eléctrico para poder satisfacer nuestras necesidades. Con esto, lo que conseguimos es aumentar el impacto ambiental, lo cual es algo que debemos evitar para preservar mejor la Tierra. Dentro del consumo de una vivienda, una gran parte se debe a las instalaciones de calefacción y de refrigeración. Existen estudios estadísticos, realizados por la IDAE y el Eurostat, que demuestran que el consumo energético en España es en mayor parte eléctrico – **Figura 7 y 8** –.

Además, como demuestra la IDAE y el Eurostat, en las viviendas la mayor parte del consumo se da en la calefacción de esta – **Figura 9 y 10** – de manera que se consume energía especialmente en invierno para calentar las viviendas y contribuir al bienestar en los habitantes de las viviendas.

Por otro lado, según los estudios desde el 1980 hasta el 2009 de la IDAE, el consumo energético doméstico ha ido aumentando – **Figura 11** – aunque en el año 2008 se vea un descenso del consumo eléctrico esto tiene una relación con el inicio de la crisis en el país y a que en este período se produce un descenso del número de viviendas. Además, la propia IDAE afirma que el consumo asciende de un 17% a un 25 % a nivel nacional, y de un 25% a un 29% a nivel de la Unión Europea.

También destaca que, ante la preocupación que existe por el impacto ambiental , que está provocando variaciones en el planeta Tierra – **Figura 12** -, y el interés por el ahorro energético existe en la actualidad el “Marco sobre clima y energía para 2030” adaptado por la Unión Europea en octubre del 2014, cuyo objetivos principales son: al menos 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990); al menos 27% de cuota de energía proveniente de fuentes renovables; y al menos 27% de mejora de la eficiencia energética.

Unidad: ktep	España	
Carbón	15	0,1%
GLP	1.032	7,0%
Gasóleo	2.216	15,1%
Gas Natural	3.660	24,9%
Solar Térmica	139	0,9%
Geotermia	12	0,1%
Carbón Vegetal	27	0,2%
Leñas y Ramas	2.392	16,3%
Pellets	9	0,1%
Otra Biomasa Sólida	15	0,1%
Electricidad	5.159	35,1%
<b>TOTAL</b>	<b>14.676</b>	<b>100%</b>

FIGURA 7. Consumo de energía de los hogares en España según fuentes energéticas.

FUENTE: IDAE y Eurostat. (Recuperado de: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)).

#### Consumo de los hogares en España según Fuente Energética.

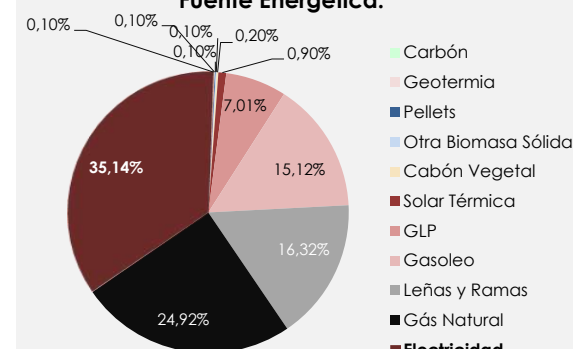


FIGURA 8. Consumo de los hogares en España según fuentes energéticas. Elaboración propia.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de IDAE y Eurostat.

## ANÁLISIS DE UN ESPACIO DE TRANSICIÓN COMO HERRAMIENTA PASIVA DE CONFORT. EL PATIO

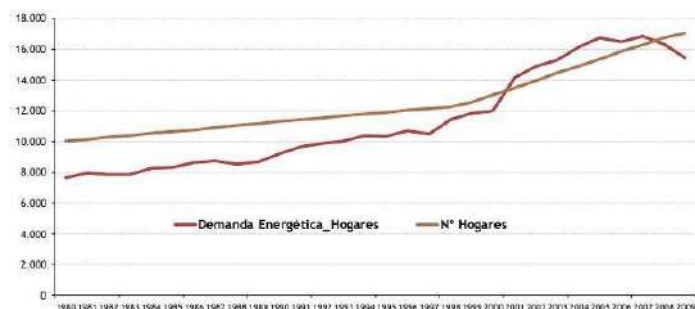


FIGURA 11. Consumo energético del sector residencial en España.

FUENTE: IDEA (Recuperado de: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf))

El último motivo, no por ello menos importante, es la existencia de un proyecto de investigación, el Proyecto del Plan Nacional del Ministerio de Economía y Competitividad de España MORE-PATIO “**M**odelización de **O**rden **R**educido Orientada al Diseño **E**coeficiente de los **P**atios” (MTM2015-64577-C2-1-R). Este trabajo se realiza con la ayuda de este proyecto de investigación que se basa en la comparación de un patio introducido en un modelo numérico con las medidas que se obtiene, en un proceso experimental, de un patio obteniendo de esa manera conclusiones sobre las dimensiones y la relación anchura/profundidad adecuadas para el diseño de un patio y que sea más eficiente.



FIGURA 12. A la izquierda el planeta Tierra en 1978 y a la derecha el planeta tierra en 2012.

FUENTE: NASA (Recuperado de: <https://www.snopes.com/fact-check/nasa-deforestation-images/>)

## EL AAKROUTI OUALI, LAMIA

Unidad: ktep	España	
Calefacción	6.892	47,0%
Agua caliente sanitaria	2.776	18,9%
Cocina	1.090	7,4%
Refrigeración	123	0,8%
Iluminación	606	4,1%
Electrodomésticos	3.188	21,7%
Frigoríficos	975	6,6%
Congeladores	193	1,3%
Lavadoras	378	2,6%
Lavavajillas	193	1,3%
Secadoras	107	0,7%
Horno	263	1,8%
TV	388	2,6%
Ordenadores	237	1,6%
Stand-by	341	2,3%
Resto Electrodomésticos	112	0,8%
TOTAL	14.676	100%

FIGURA 9. Consumo de por uso en España.

FUENTE: IDAE y Eurostat. (Recuperado de: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf))

### Consumo por usos de los hogares en España

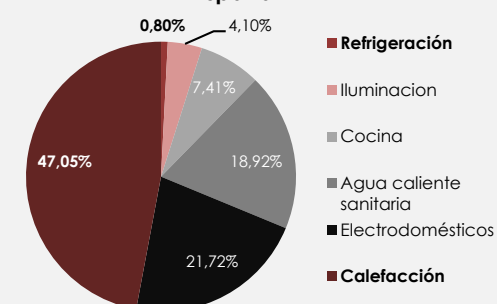


FIGURA 10. Consumo por uso en España. Elaboración propia

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de IDAE y Eurostat.





3\_OBJETIVOS

FIGURA 13. *Patio de vivienda en el interior de la Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

### 3\_ OBJETIVOS

#### 3\_1 GENERALES

El objetivo principal de este trabajo es la comprobación empírica y la cuantificación de las cualidades de atemperación térmica que las soluciones constructivas concretas y la geometría del patio aportan a los edificios a través del análisis de dos casos de estudio.

El patio siempre ha sido una pieza fundamental en las viviendas por las aportaciones que tiene, sobre todo en las zonas de clima cálido que ha permitido la entrada de iluminación natural y la ventilación cruzada. Sin embargo, es hace unos años cuando se empieza a estudiar el motivo de las ventajas que tienen los edificios con patio. Además, se comprueba que existen diferentes factores en el diseño de un edificio, especialmente los edificios con patio, que pueden trabajarse de manera que podrían mejorar el impacto ambiental, reduciéndolo, y aumentando el ahorro energético, empleando en el diseño del edificio lo que tradicionalmente se ha empleado sin conocimiento de su gran aporte energético, el patio. También es un trabajo que además se adjunta a un proyecto de investigación existente, financiado por la Junta de Andalucía, con una ayuda del Plan Estatal 2013-2016 Retos y Proyectos I+D+i (MORE PATIO que hace referencia al Diseño Eco-Eficiente de Patios en edificios Mediante Modelos de Orden Reducido), que verifica, mediante monitorización, como un modelo numérico, que se desarrolla mediante un programa matemático, corresponde a lo analizado en un patio existente.

#### 3\_2 ESPECÍFICOS

Por tanto, los objetivos específicos serán:

Estudiar los parámetros formales del patio que influyen en sus variaciones térmicas respecto a la temperatura exterior.

Analizar las variaciones debidas a variables tales como los gradientes térmicos y la orientación.

Estudiar la posible influencia de la radiación directa y de los posibles elementos sombreadores.

Aprender a manejar las herramientas necesarias que son fundamentales para el desarrollo del trabajo.





FIGURA 14. *Patio de vivienda en el interior de la Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



## 4\_ METODOLOGÍA

Todos los objetivos propuestos en el apartado anterior (3\_Objetivos: generales y específicos) se alcanzan siguiendo un método de trabajo que se lleva a cabo con el siguiente orden:

1\_ Estudiar y recopilar información existen sobre los patios, desde su utilización hasta la actualidad. Tener en cuenta los factores que influyen en el proyecto de un edificio, con inclinación a los edificios patio. Además, se analizan las investigaciones que ya existen haciendo una síntesis con la información que es de mayor interés para este Trabajo de Investigación. Por otro lado, se estudia el aumento del consumo energético en la vivienda, el cual podría reducirse si se es consciente de las virtudes de un patio en una vivienda, teniendo en cuenta que este puede funcionar mejor o peor en función de su orientación, ubicación y relación profundidad-anchura (*Aspect ratio*).

2\_ Monitorizar el patio en base a su AR, cambios de humedad relativa y variaciones de la radiación solar. Se estudian los materiales necesarios y se hace un seguimiento del comportamiento de estos para evitar errores de medida en caso de posibles problemas durante la medición. Se trata tanto del conocimiento de programas como de elementos físicos.

3\_ Se hace un trabajo experimental y de campo que se basa en la monitorización de dos edificios, en concreto en esta investigación se estudia dos edificios pertenecientes a la Universidad de Sevilla, en concreto de las Aulas y Seminarios de Sevilla (Facultad de Matemáticas) y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Se colocan los sensores necesarios y durante unos días se toman medidas con los patios techados y otros días con el patio sin techar, de manera que se obtiene datos de la edificación para tener en cuenta el comportamiento patio en diferentes condiciones. Se cogen estos dos edificios porque presentan dimensiones muy diferentes y de esta manera se llega a un mayor aprendizaje sobre el tema de dimensiones óptimas de los patios.

4\_Obtención de datos de los días de medida y las conclusiones obtenidas dando fin al trabajo.



FIGURA 15. *Patio de vivienda en el interior de la Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## 5\_ ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 5\_1 INTRODUCCIÓN

El patio, es un espacio propio de la arquitectura Mediterránea, aunque también forma parte de los centros históricos de algunas ciudades de Asia y América. Es un lugar que corresponde al vacío dentro de lo construido y que puede configurarse de distinta forma y con diferente disposición, que proporciona al edificio, entre otras cosas, la entrada de luz natural y la ventilación. Además, se comporta como un lugar de confort, íntimo y recogido, correspondiendo tanto al interior como al exterior de la vivienda. El patio es el corazón de las viviendas, y un elemento fundamental para la distribución de estas.

La cultura islámica proporciona singularidad a los patios, cobrando mucho protagonismo el agua, lo que se manifiesta en el patio andalusí en forma de fuentes, surtidores, canalizaciones, acequias y albercas que permiten el desarrollo de una vegetación que llena de colorido el espacio. En el patio andaluz el agua mantiene su protagonismo en forma de pozos y pilas, también como medio de mantener la vegetación presente, pero sobre todo con el fin de crear un espacio de frescor en el hogar (José Luis Ortega Gil, 2014) [1].

Como comenta Amin Maalouf [2], se debe conceder la denominación de patio al espacio así llamado en la vivienda de origen árabe-musulmán. Es el término, según este, que mejor define las cualidades que determinan este espacio. Además, Amin Maalouf [2] considera el patio como espacio para habitar, fuente de vida, espacio activo, recogido e íntimo, que pertenece al dentro y fuera. El patio puede presentarse con mayor o menos complejidad: sin arcadas y en planta baja, delimitado por los muros o muros y pórticos elementales, o también con arcadas en uno, dos, tres o cuatro de sus lados. La calidad, la densidad y la exuberancia vitales de este espacio son tales que la casa no necesita más que una entrada en la fachada (Amin Maalouf, 2002) [2].

El patio es un arquetipo sistemático y versátil, capaz de cobijar una gran cantidad de usos, formas, tamaños, estilos y características diferentes. Ligado en su nacimiento a los climas cálidos y soleados propios de las tierras de las civilizaciones antiguas, ya en ellas alcanzo una condición muy

diversa que fue desde la vivienda modesta al palacio y que invadió los más diversos usos (Antón Capitel, 2005) [3].

En España, centrándonos en Sevilla, una ciudad en la que la casa tradicional era una casa patio – **Figura 16** –, en ellas se consideraba el patio como el único modo claro y eficaz de dar luz natural, ventilación y cierto orden a la geometría del centro histórico. Las casas constaban de una o dos crujías delanteras, una daba a la calle y otra al patio, que formaban el cuerpo principal de la casa. Es frecuente que los cuartos de las viviendas que solo dan al patio tengan como único hueco la puerta que se relaciona con él y, así, como única fuente de luz y ventilación [3]. El patio andaluz es a día de hoy una idealización del patio andalusí, el paso del patio andalusí al patio andaluz fue un proceso evolutivo, sustentado en la sabiduría cultural heredada en gran parte por historias que se contaban de generación en generación. Un conjunto de elementos que permiten establecer una serie de tipologías de patios andalusíes que podemos clasificar como patios con o sin división de su espacio, patio con o sin alberca, patio en crucero y patio con peristilo. Tipologías que surgen como respuesta a un tipo de clima muy concreto, mediterráneo, que propicia buscar espacios que refresquen hasta nuestros días en los patios actuales con su correspondiente evolución [1].

Un caso particular de Sevilla, es la casa de la calle Alameda de Hércules 93 – **Figura 17** –, que tiene patio de cuatro galerías, pero adosado a una medianera; es una casa de esquina y el patio ilumina sólo a una habitación interior bastante secundaria, lo que demuestra cuánto interesaba el patio en sí mismo, tanto por su uso (en planta baja y en las galerías altas) como por la atractiva configuración e imagen interior que da a la casa.



FIGURA 16. Casa de Salinas, Sevilla

FUENTE: Recuperado de Google (2005 <http://leyendasdesevilla.blogspot.com.es/2014/07/casa-palacio-de-salinas-un-nuevo.html>).

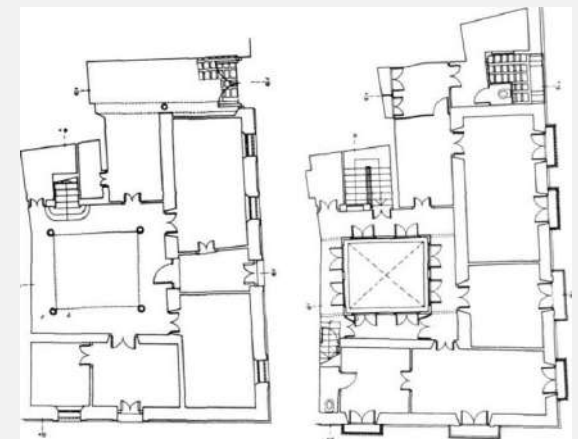


FIGURA 17. Planta de la casa en la calle Alameda de Hércules, 93, Sevilla, España (según José Ramón Sierra).

FUENTE: (Antón Capitel 2005).

## 5\_2 ESTUDIO HISTÓRICO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL

Se puede constatar la existencia de patios al menos desde hace 4000 años en ciudades de la Antigüedad Mesopotamia – **Figura 18**-. El clima subtropical de esta región era también templado-cálido como el mediterráneo. Las viviendas encontradas al Sur de Mesopotamia, expresan su condición de casa patio con toda pureza al no presentar casi ningún hueco en fachada. Respiraban exclusivamente por el patio estando todas las piezas ventiladas e iluminadas desde este. Será un modelo repetido con matices en Grecia, Roma y en general durante todas las épocas en la cuenca mediterránea (Benevolo, 1978) [4].

Por otro lado, la disposición de las viviendas en el Antiguo Egipto – **Figura 19**- nos es muy ajena a la mentalidad arquitectónica contemporánea que poseemos nosotros, lo único que podemos reconocer y en lo que nos identificamos como mediterráneos es en el propio espacio de los patios. Existe en un intricado recorrido de la casa un primer patio representativo, que es como la auténtica fachada de la casa. Luego existen otros patios más funcionales, a los que dan las habitaciones de la casa, situadas en el núcleo profundo de la misma.

En la Antigua Grecia, el patio, era también protagonista como elemento organizador de la casa, es el elemento que identifica la vivienda y la organiza funcional y formalmente – **Figura 20**-. El patio, se sitúa en una posición centrada y recupera la regularidad que el resto de la casa suele ir perdiendo hacia las fachadas como consecuencia de la adaptación de la manzana a una trama no del todo regular. Es el que protagoniza la estructura urbana de las ciudades romanas. Al igual que en Grecia, en Roma, el patio intentaba siempre recuperar la regularidad dentro de manzanas irregulares y es el único contacto de la casa con el aire libre, aparte de la puerta de entrada, por la que resulta un elemento vital en cuanto a la seguridad y salubridad (Juan Manuel Rojas) [5].



FIGURA 18. Imagen de la antigua Mesopotamia.

FUENTE: Recuperado de Google ([https://media.up.itmcdn.com/es/images/8/5/8/img\\_antigua\\_mesopotamia\\_resumen\\_1858\\_orig.jpg](https://media.up.itmcdn.com/es/images/8/5/8/img_antigua_mesopotamia_resumen_1858_orig.jpg)).

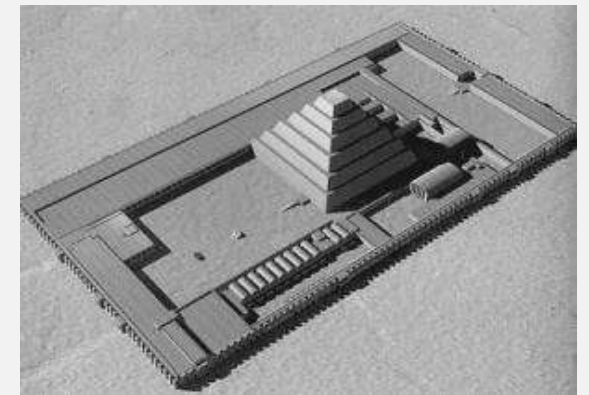


FIGURA 19. Imagen de las casas del Antiguo Egipto.

FUENTE: Recuperado de Google (<http://www.arqhys.com/contenidos/fotos/contenidos/Arquitectura-del-Antiguo-Egipto-300x211.gif>).



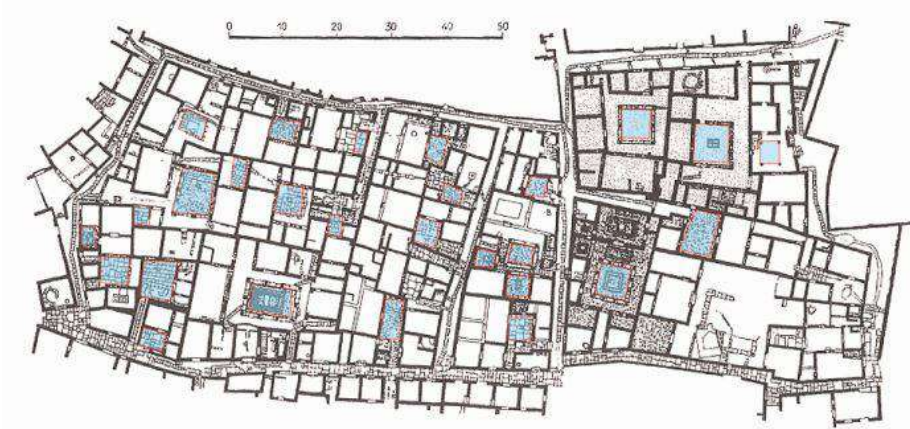


FIGURA 20. Planta de la ciudad de Delos, Antigua Grecia, sector de los siglos III y II a. C..

FUENTE: Termodinámica del Patio Mediterráneo (Juan Manuel Rojas).



FIGURA 21. Patio de la Casa árabe de Córdoba.

FUENTE: Recuperado de Google: <http://www.casaarabe.es/eventos-arabes/show/jornada-de-puertas-abiertas>

En cuanto a la Antigua Roma, son comunes ciertos aspectos característicos del mundo mediterráneo. El patio se configuró como corazón del funcionamiento de tal edificación. Este protagoniza la estructura urbana de las ciudades romanas. El patio intentaba siempre recuperar la regularidad dentro de manzanas irregulares. Cuando el patio no llega a poder ser completo al faltar alguna crujía de alguno de los lados, las columnatas ayudan a evocar un patio completo. Son patios profundos que permiten que las paredes permanezcan siempre a la sombra convirtiéndose estas en sumideros térmicos muy adecuados en clima cálido [5].

Por otro lado, el mundo islámico clásico (como ya se ha comentado) comprende regiones de oriente próximo y del mediterráneo con patio – **Figura 21**– que consiguen una protección muy efectiva de la radiación solar. Son comunes casas de 1 o 2 plantas, que rehúyen el contacto con el exterior. En estos climas cálidos el patio profundo es muy útil para almacenar el aire fresco que se acumula durante la noche. Para forzar la ventilación, ya que las casas se cierran al exterior, se eleva desproporionalmente el techo de las habitaciones [5].

Además, desde el primer Renacimiento se empiezan a diseñar palacios en torno a patios, que empiezan a conseguir la mayor armonía y proporcionalidad, lo que lleva a buscar la máxima regularidad posible de sus formas (Chueca-Goitia, 1989b) [6]. Curiosamente, incluso para aquellos ciudadanos más poderosos, la anchura de los patios de sus residencias eran tales que no solían exceder mucho a la altura de la edificación. Quizá el verdadero lujo podría ser poder configurar el

patio de la forma más proporcionada posible incluso térmicamente, antes que hacerlo lo más grande posible. Mantener mediante los pórticos los parámetros sombrados como es usual en los patios renacentistas, mejora su comportamiento al asegurar su condición de sumidero térmico especialmente en las plantas bajas [5].

En cuanto al patio en la arquitectura andaluza, existen matices entre Sevilla, Córdoba o Málaga. El patio es profundo [5]. Además, se realiza una tabla resumen comparando el concepto de "Aspect ratio" (que se define más adelante) del patio de cada una de las épocas que se han nombrado anteriormente – **Figura 22** –.

PATIOS DE CLIMA MEDITERRÁNEOS		ALTURA (h)	ANCHUR A (a)	PROFUNDIDAD
Mesopotamia		2,5	1	<b>2,5</b>
Egipto		0,5	1	<b>0,5</b>
		-	-	<b>1</b>
		-	-	<b>2,5</b>
Grecia		0,5	1	<b>0,5</b>
Roma		2,5	1	<b>2,5</b>
		2	1	<b>2</b>
Mundo Islámico	Pequeña escala	-	-	<b>2</b>
	Gran escala	-	-	<b>1</b>
Renacimiento		1,1	1	<b>1,1</b>
		1,1	1	<b>1</b>
La arquitectura andaluza	Pequeña escala	1,7	1	<b>1,7</b>
	Gran escala	1 / 0,9	1,4 / 1	<b>1,4 / 0,9</b>

FIGURA 22. Cuadro resumen de "Aspect ratio"

FUENTE: Elaboración propia con datos de la tesis de Juan Manuel Rojas 4].

Con el Movimiento moderno, el concepto del patio fue desapareciendo en el modo de habitar. Sin embargo, tras los inicios de este movimiento, se tomó conciencia de que este espacio era fundamental para muchas cosas en la vivienda. Un claro ejemplo de las casas patios, propia de arquitectos conocidos, es la de Mies van der Rohe – **Figura 23**– o la de Jørn Utzon – **Figura 24** –. Para el primero el patio crea la unidad de una vivienda, por el contrario, para Utzon se trata de crear un espacio cerrado.



FIGURA 23. Planta de la "casa con tres patios" de Mies van der Rohe, en Berlín (Alemania), 1934.

FUENTE: (Patio y casa, DPA13).

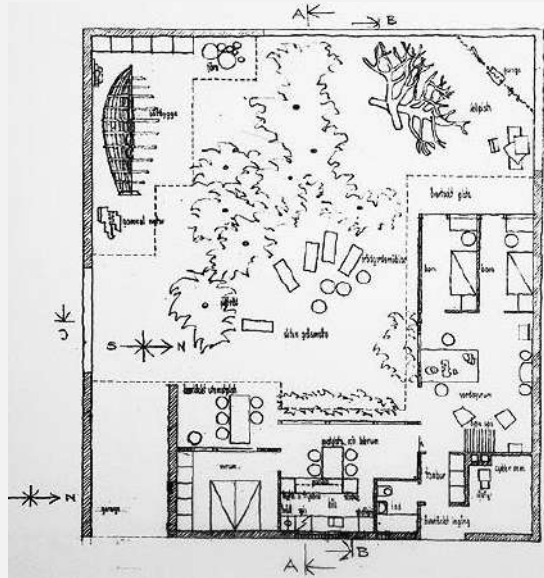


FIGURA 24. Planta de una de las casas de la urbanización en Helsingør de Jørn Utzon en Bakkegaard (Dinamarca), 1963.

FUENTE:(Patio y casa, DPA13).



Por otro lado, en la arquitectura medieval gótica, los patios no son el eje compositivo u organizativo de la arquitectura [3]. El patio es solo un espacio exterior configurado o limitado por galerías. También se existen análisis, como el realizado por Juan Manuel Rojas [5], de los patios en climas fríos, como en la ciudad de Santiago de Compostela, en la que los patios de la mayoría de edificaciones residenciales se convierten en atrios acristalados o lucernarios y los balcones al sur, en galerías acristaladas.

### **5\_3 COMPORTAMIENTO PASIVO DEL PATIO**

La casa patio, alrededor de la que ha girado gran parte del urbanismo mediterráneo, es un espléndido ejemplo de control de la energía. De construcción masiva, son conocidos sus mecanismos de control pasivo del clima: inercia térmica de la masa mural, ventilación de las cubiertas, ventilación cruzada entre fachadas y patio, control del soleamiento- mediante pocos huecos exteriores, aleros y soportales, usos de vegetación- etc. (Ramón Araujo,2007) [7].

Por otro lado, se ha estudiado como el patio, con su comportamiento, permite la refrigeración pasiva de un edificio, lo cual podría utilizarse en los mecanismos de refrigeración y calefacción del mismo, dando lugar a un ahorro energético. Esto se debe, como se ha comprobado en investigaciones y estudios, a que el patio siempre presenta una temperatura diferente a la del exterior: por las noches la temperatura del patio es ligeramente superior a la del exterior y a lo largo del día suele ser una temperatura inferior a la exterior en verano y superior a la exterior en invierno. Es decir, el patio permite la atemperación térmica del edificio y hace que el edificio sea autosuficiente.

Además, muchas investigaciones consideran recurrir a los patios interiores. En verano, el aire del patio, en sombra, desciende de temperaturas, lo que podemos favorecer con humectación. El aire exterior se calienta, actuando como “tapón” del patio, que conserva una temperatura inferior al resto de la edificación. El patio será un espacio fresco, y también sus cerramientos se mantendrán a baja temperatura, pero no es un “suministrador” de aire frío, dada la baja capacidad térmica del aire. También podrá actuar como una chimenea, principalmente por la noche, permitiéndonos accionar la ventilación cruzada entre fachada y patio [7].

El estudio energético de los edificios muestra que los problemas técnicos que se plantean y sus soluciones están muy relacionados con la latitud del emplazamiento, dándose además un cambio brusco de los parámetros climatológico en las proximidades del paralelo 40º. El clima es uno de los causantes de la diversidad de viviendas (Juan Vázquez Gutiérrez, 1997) [8].

Las condiciones de confort en el cuerpo humano llevan a la necesidad de adaptación de la temperatura exterior de la vivienda, para obtener un equilibrio térmico entre el hombre y el entorno. La adaptación térmica de la vivienda da lugar a gasto energético. Por ello el estudio del comportamiento del patio, se ha convertido en algo fundamental ya que, según las condiciones del mismo, se puede aprovechar y aumentar el ahorro energético.

En la actualidad, el patio puede utilizarse como “jardín energético” utilizando superficies vidriadas junto a muros acumuladores orientados en la dirección del sol, de modo que pueden obtenerse ganancias energéticas y transparencia en los espacios habitables. Los factores claves son las proporciones adecuadas y la orientación del patio, pues en casos extremos este elemento tipológico es el único recurso para obtener iluminación natural. Por tanto, es necesario estudiar las condiciones de luz natural en el edificio. Calculando el ángulo de incidencia del sol durante las diferentes estaciones (Günter Preifer y Per Brauneck, 2009) [9]. Existen dos diagramas bioclimáticos fundamentales que estudian la relación del hombre-clima, el diagrama de Olgyay y el diagrama de Givoni.

### **ZONAS DE CLIMAS CÁLIDOS:**

En los países del sur, se destaca entre otros diseños el que consiste en una distribución alrededor de patio central, ya que es una de las soluciones más satisfactorias para los usuarios: la luz natural reflejada hacia el interior por medio de superficies colocadas adecuadamente, sin que se permita su penetración directa (Jaime López de Asiain y José María Cabeza Laínez, 1997) [10]

La vegetación que solía cubrir el patio se empleaba con frecuencia para regular el deslumbramiento veraniego que de otro modo pudiera resultar excesivo. Además, se lograba controlar el sobrecalentamiento mediante la creación de sombras y la evaporación de agua. En

invierno, tras la caída de las hojas, se conseguía una mayor iluminación y ganancia solar. De esta manera, se producía una integración de la refrigeración con la radiación solar y la iluminación [10].

En la actualidad, como comenta (José María Cabeza Laínez, 1997) [11], se puede contar con métodos de simulación real y operativa, en relación a la arquitectura bioclimática y se realiza un análisis de los sistemas que permiten el equilibrio natural para poder controlar el calor excesivo en las ciudades con climas cálidos:

- Sistema evaporativo: consiste en incorporar agua micronizada al paso del aire y posteriormente reconducir ese aire a las zonas de trabajo. En este proceso se eliminan del aire 2400Kj por litro de agua evaporada. El inconveniente es que el exceso de agua debe recircularse y por tanto debe haber dispositivos para tal fin. Este efecto debe conseguirse fundamentalmente en los jardines y patios [11].
- Sistema radiante: emplea el principio de cesión nocturna de calor a la bóveda celeste por parte de las superficies calentadas durante el día, de modo que por la noche emiten radiación calorífica de onda larga con el consiguiente enfriamiento [11].
- Sistema subterráneo indirecto: consiste en recircular algún fluido (agua o aire) por el interior del terreno aprovechando así su temperatura constante debido a la inercia térmica [11].

Además, en los climas cálidos, nos encontramos con la necesidad de proteger contra el excesivo soleamiento. Esta dificultad solo puede superarse mediante el empleo de protecciones móviles o cambiantes, y de entre ellas la más efectiva suele ser la protección vegetal con plantas de hoja caduca. Cuando no es posible utilizar la vegetación porque no se puede realizar un control y seguimiento adecuado de la misma, tendríamos que optar por una protección fija que, aunque no perfecta, es sin duda la más fiable. Para realizarla, es preciso conocer con exactitud en qué momento del tiempo será verdaderamente necesaria [11].

### **ZONAS DE CLIMAS MEDITERRANEO:**

Las zonas de clima mediterráneo se caracterizan por los veranos secos y calurosos, los inviernos lluviosos y fríos y por la excesiva radiación solar que se tienen anualmente. Los inviernos duran

generalmente desde noviembre hasta abril, con temperaturas mínimas que oscilan entre 2°C y los 6°C, y máximas de 10°C a 17°C. La precipitación media anual de lluvia oscila entre los 330mm. y los 450mm. Aun cuando durante el invierno se producen heladas en algunas ocasiones, la nieve es rara. Los veranos se prolongan desde mayo-junio hasta septiembre-octubre, siendo más largos cuando más al sur nos encontramos. Las temperaturas máximas diurnas oscilan entre 27°C y los 37°C, y en numerosos lugares las temperaturas nocturnas descienden a 13°C -20°C. En verano la lluvia es rara. La primavera y el otoño son extraordinariamente confortables, con temperaturas máximas que van de los 20°C a los 26°C. La condición climática básica para esta región es: demasiado frío para el confort, con importantes períodos de confort natural y sobrecalentamiento limitado. (Luis Fernández-Galiano) [12]. Por tanto, se concluye como dice Luis Fernández-Galiano [12] que existe demasiado calor para el confort durante un 17% del año y demasiado fría para el confort durante un 62% del año, siendo el 21% restante el momento de confort.

Según Luis Fernández-Galiano [12] cumpliendo los siguientes puntos se podrían alcanzar porcentajes menores al párrafo anterior siendo solo un 5% del año demasiado caluroso para el confort, un 43% del año demasiado frío para el confort y existiría un 52% de confort en la vivienda:

- En invierno, dejar entrar el sol para reducir la demanda de calefacción.
- Mantener dentro el calor y fuera el frío.
- Suavizar el salto térmico entre el día y la noche.
- Proteger del sol estival.
- En verano, aprovechar el viento para procurarse ventilación y refrigeración naturales.
- En verano, aprovechar la capacidad refrigerante de los procesos de evaporación
- Proteger el edificio del viento frío para reducir las pérdidas de calor.

La arquitectura es una arquitectura tradicional de edificios alargados que se abren al sol del invierno y protegen del soleamiento estival mediante los prolongados aleros de sus tejados, donde el diseño y organización de la casa se pliegan al hábito arraigado de la vida doméstica al exterior.

## 5\_4 PARÁMETROS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DEL EDIFICIO.

Por otro lado, se analizarán los parámetros que están relacionados con la arquitectura bioclimáticos, ya que son los que podrían estudiarse para aumentar el ahorro energético y reducir el impacto ambiental:

- La humedad relativa, es decir, la relación de vapor de agua en el aire y el aire saturado a igual temperatura. Como puede verse en el diagrama de Olgyay, si la temperatura se mantiene entre los 20°C y 25°C, se puede disfrutar de confort dentro de unos límites muy amplios de humedad relativa (entre 20 % y el 80%) - **Figura 25** -. Cuando aumenta la temperatura por encima de 25°C: si la humedad relativa es inferior a 40% habrá que aumentar o ventilar; si es superior a ese valor habrá que incrementar la ventilación (José María Cabeza Laínez) [13].
- El viento es uno de los factores climáticos de más difícil previsión. Las características del viento que pueden sufrir modificaciones son las relativas a velocidad (intensidad) y dirección. Las modificaciones en las condiciones de viento se encuentran determinadas fundamentalmente por los factores de obstrucción física, en los que influye tanto la forma como la composición de tipo de obstáculo [13], es decir, la disposición del edificio y su forma son influyentes en la forma en la que actúa el viento en el interior de este.
- La radiación solar, como se muestra en el diagrama bioclimático de Olgyay – **Figura 3** – cuando las temperaturas supera los 20°C es conveniente una protección frente a este parámetro. En el estudio de la radiación solar entran tres componentes – **Figura 26** -:

La radiación reflejada: está relacionado con la reflectividad de las superficies próximas.

La radiación solar directa: depende de la limpieza y el espesor de la atmosfera.

La radiación difusa: relacionado con la altura solar y la turbiedad de la atmosfera.

Los mecanismos que inducen el movimiento del aire en los edificios son de dos tipos: por acción del viento o por diferencia de temperatura (microcambios en la densidad del aire). Para los primeros

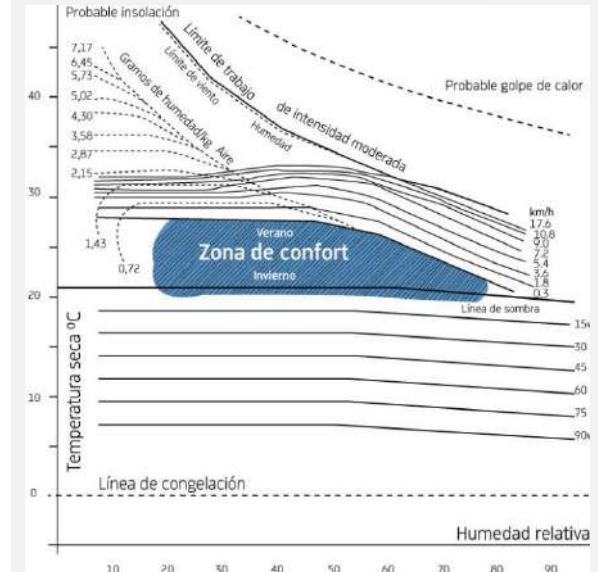


FIGURA 25. Diagrama bioclimático de Olgyay, 1963.

FUENTE: Pedro J. Hernández.

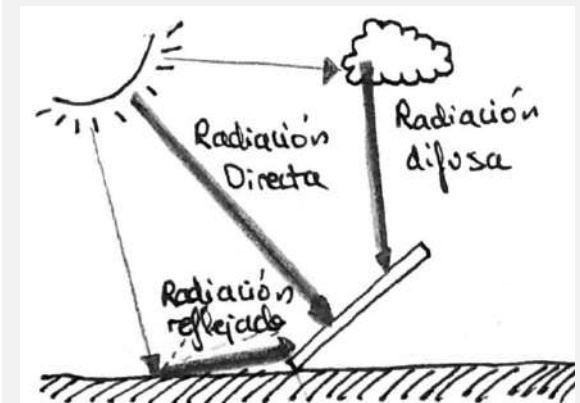


FIGURA 26. Esquema explicativo tipos de radiación.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## ANÁLISIS DE UN ESPACIO DE TRANSICIÓN COMO HERRAMIENTA PASIVA DE CONFORT. EL PATIO

se tendrá en cuenta la distribución de los vientos dominantes, tanto para aprovecharla como para que esta no sea alterada. Así, por ejemplo, en el verano de Sevilla, el viento tiene comportamiento oeste\*sureste, con predominio de la sureste durante la noche. Esto significa que las fachadas sudeste, oeste y suroeste tendrán un buen nivel de ventilación, pero para ello es necesario que al menos una proporción de su superficie sea practicable [13].

Las características físicas más evidentes de un espacio son su forma y dimensiones. La distribución de temperaturas dentro de un patio, se relaciona con la formación de estructuras termodinámicas del aire dentro del mismo. Estas formaciones vienen determina por las condiciones exteriores, pero también y de manera determinante, por la forma y proporción del patio en sección. Se demuestra que las distintas relaciones entre el alto y el ancho del patio hacen que los comportamientos termodinámicos difieran bastante. Esta relación viene siempre denominada como "Aspect ratio"  $H/W$  – **Figura 27** – y se considera oportuno traducirla por "profundidad"  $h/a$  que se piensa que es una denominación más <gráfica para los arquitectos (Juan Manuel Rojas Fernández) [14].

### 5\_5 COMPORTAMIENTO DEL AIRE.

Como se sabe el aire se comporta de manera diferente en función de si está en un lugar cerrado o en si el espacio es abierto. Pero se ha demostrado que el movimiento del aire también varía según la forma geométrica y la materialidad que lo rodea. Por lo tanto, lo ideal sería determinar el comportamiento del aire para poder concretar su comportamiento.

Es necesario distinguir entre las causas del movimiento del aire, lo que se conocer como convección forzada, o natural. La primera de ellas, la convección forzada, consiste en un movimiento del aire por causas externas al mismo, que en un espacio abierto sería el viento. Mientras que el movimiento del aire se dice que es por convección natural cuando se debe al calentamiento o enfriamiento del aire que provoca micro diferencias en la densidad del mismo y por tanto en su flotabilidad, lo que hace que ascienda o descienda respectivamente (Autores varios) [15].

## EL AAKROUTI OUALI, LAMIA

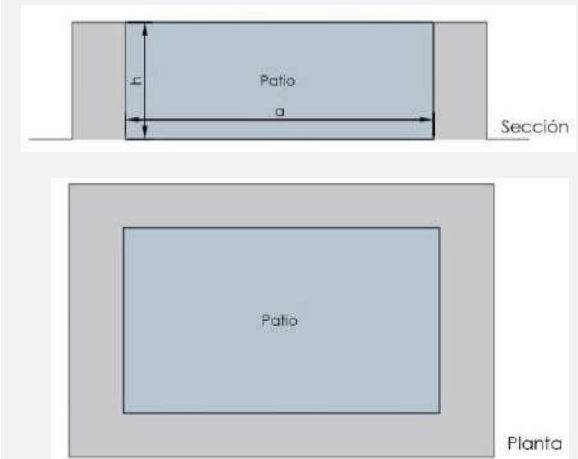


FIGURA 27. Esquema explicativo del concepto "Aspect ratio".

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

Por otro lado, existe un proyecto de investigación que se centra, entre otras cosas, en definir el movimiento del aire, en el interior de un recinto abierto en función de la relación de la profundidad y anchura de este. Para realizar el estudio del comportamiento mecánico y térmico del aire, se emplea el programa CFD ("Computational Fluid Dynamics"). El CFD determina las simulaciones de los patios de diferentes profundidades. Como se puede ver en la – **Figura 28** – se ven las simulaciones del programa de CFD (a la izquierda). En los patios con poca profundidad ( $P < 1$ ) el aire proveniente del exterior tiene fácil acceso al patio sin la aparición de vórtices (remolino de aire que avanza con rapidez y con posterior levantamiento de materiales o polvo). En los patios con una relación de profundidad y anchura de uno, existe una aparición de vórtices en el interior del patio de manera que la entrada del aire exterior se reduce y el patio actúa como un espacio ajeno al exterior. Por último, en los patios con una gran profundidad tienen un comportamiento como los últimos definidos, pero siendo este tipo de patio mucho más interiores que exteriores. (Autores varios) [15].

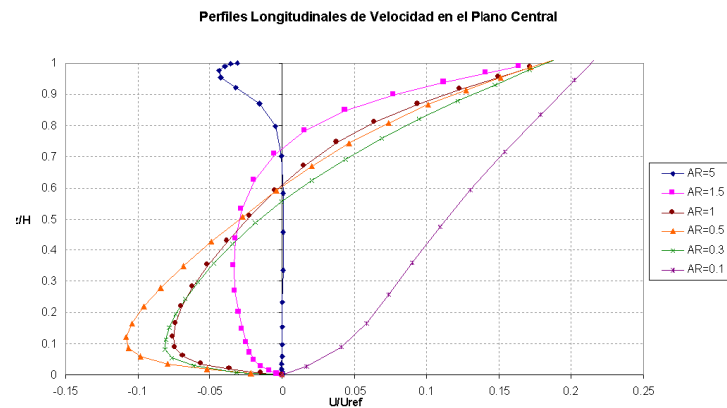


FIGURA 29. Gráfica de perfiles longitudinales de velocidad en el plano central.

FUENTE: Recogido de Google (<http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/>)

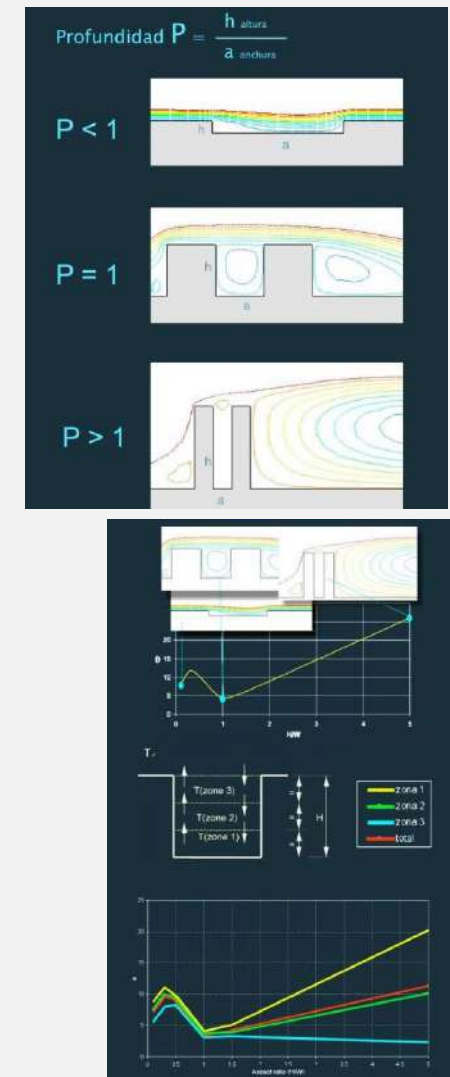


FIGURA 28. Esquema explicativo de los patrones de flujo de aire.

FUENTE: Recogido de Google (<http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/>)





6\_CUERPO DEL TRABAJO



FIGURA 30. *Patio para ventilación del mercadillo en el interior de Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## 6\_ CUERPO DEL TRABAJO

Realizado un análisis de los patios y viendo el gran interés de estos, se opta por realizar un estudio de los patios pertenecientes a la Universidad de Sevilla, como se explica a continuación, centrando el trabajo en el Campus de Reina Mercedes.

### 6\_1 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.

En el trabajo a desarrollar se ha optado por la elección de centros con un uso similar (Universidades de Sevilla). Se escoge la ciudad de Sevilla, por la facilidad de acceso y por una mayor agilidad en el momento de la medición. Por otro lado, ante la proximidad y el buen conocimiento del campus de Reina Mercedes, se empieza a buscar cuales podrían ser las universidades candidatas a un análisis, las condiciones que se tienen en cuenta para la elección son:

- Uso universitario
- Existencia de un patio.
- Patio no contaminado.

Se realiza un barrido del Campus de Reina Mercedes, viendo las diferentes facultades que se encuentran en ella, y de las cuales posteriormente se seleccionaran aquellas que cumplan con los requisitos considerados para ser medidos. Las universidades y centros adscritos a la universidad de Sevilla son:

- Escuela Técnica Superior de Arquitectura
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
- Facultad de Biología
- Facultad de Física
- Facultad de Matemáticas
- Facultad Farmacia
- Facultad de Química
- Centro de Investigación, Tecnología e Innovación (CITIUS)
- Edificio Rojo (Facultad de Biología y Servicios de Informática y Comunicaciones)
- Instituto de Idiomas
- Instituto de Matemáticas Universidad de Sevilla
- Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla

Por lo tanto, aplicando los criterios indicados anteriormente se desarrolla el estudio y análisis de dos patios, que corresponden a la Universidad de Sevilla. En primer lugar, se estudiará la Facultad de Matemáticas y en segundo lugar la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Para sus estudios, previamente se monitorizan ambos edificios, a los cuales, a uno de ellos se realizan un análisis con variación de parámetros (con y sin toldo). La intención del trabajo es obtener unos resultados de las medidas que se realizan de manera que se concluye cuáles son las dimensiones ideales y óptimas de un patio en un clima cálido, como Sevilla.

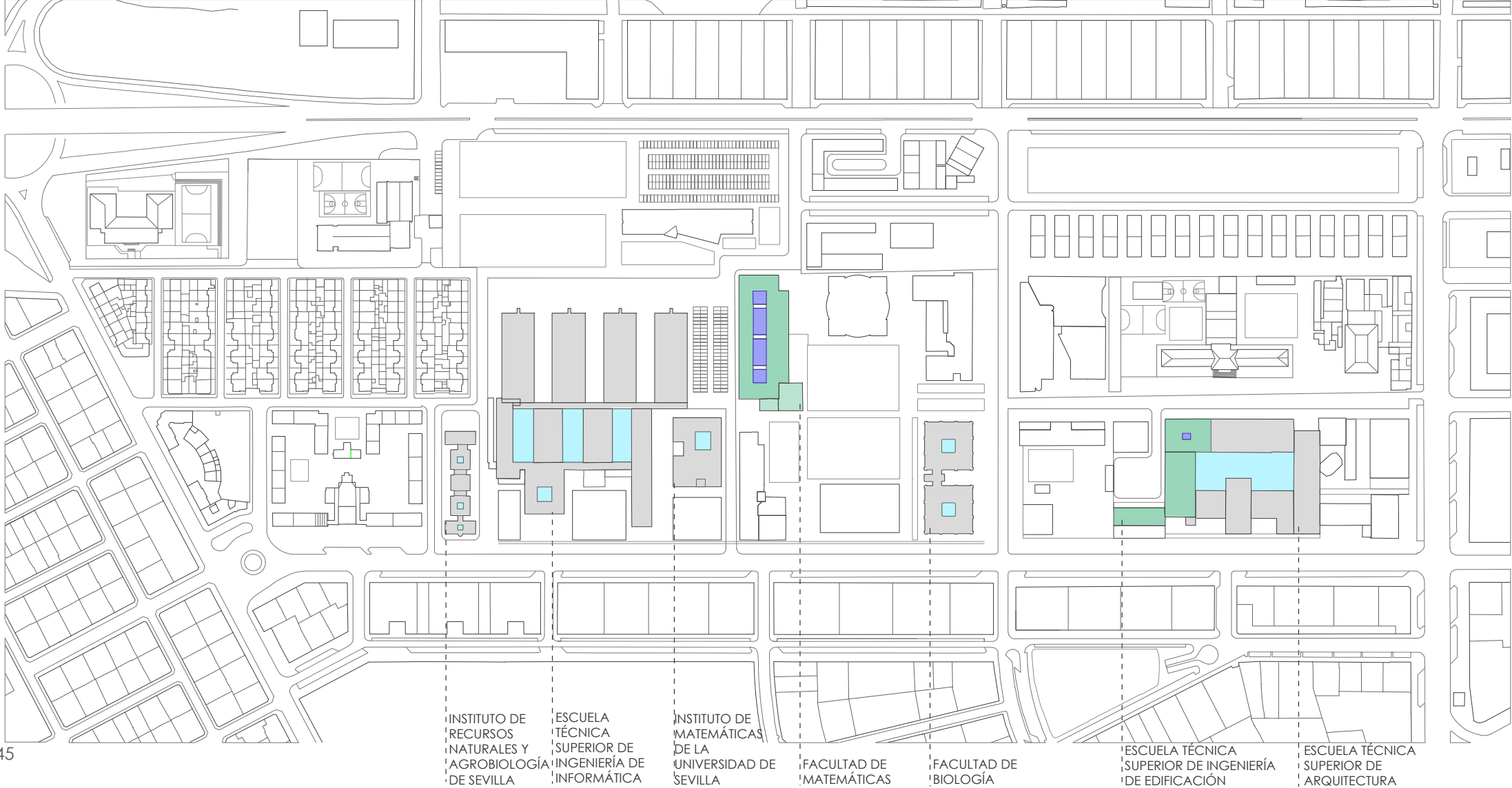


FIGURA 31. Imagen del patio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



FIGURA 32. Imagen del patio de la Facultad de Biología.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

FIGURA 33: A la derecha Campus de Reina Mercedes, con indicaciones de edificios, pertenecientes a la Universidad de Sevilla, con patio  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018/ Escala1:4000.  
Recopilado de Biblioteca ETSAS.

## 6\_2 ELEMENTOS PARA LA MONITORIZACIÓN.

Para poder realizar el estudio de los patios que se han seleccionado es necesario el empleo de algunos elementos que ayudan a determinar la variación de los diferentes parámetros (humedad y temperatura). Los elementos que se han utilizado, concretamente, son:

### 6\_2\_1 PROGRAMA DE ANÁLISIS:

Para llevar a cabo la obtención y análisis de los datos, se emplea el programa “TESTO-CAME BASIC 5.0” – **Figura 34** –, esta aplicación se encarga de programar los sensores antes de colocarlos en los patios de los edificios, y en la cual se decide la hora en la cual el sensor comienza la detección de datos. En este caso se han programado los sensores para que midan la temperatura de los patios con un intervalo de 15 minutos.

### 6\_2\_2 ESTACIÓN METEOROLÓGICA:

Se trata de un elemento, de la marca PCE-FWS20 – **Figura 35** –, que se coloca en la cubierta de algún edificio de Sevilla (ya que ambos están en Sevilla y la temperatura del ambiente exterior es la misma para los dos edificios seleccionados). En este caso, por facilidad, se han cogido los datos aportados de la estación meteorológica, ubicada en el Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla (IMUS).

### 6\_2\_3 CENTRO DE CONTROL:

El centro de control, de la marca PCE-FWS20, – **Figura 36** –, se ubica en el interior del IMUS, en un recinto donde esté protegido y que nadie puede modificar los datos que recibe de la estación meteorológica. Con el centro de control, se determina la temperatura exterior (medida por la estación meteorológica) y la temperatura interior (determinada por él) y con estos datos se empieza a realizar una comparación de temperaturas. Como se ha colocado en el IMUS, no se considera, en el caso de estudio, la temperatura interior que se mide ya que la temperatura interior de un edificio depende de diferentes factores



FIGURA 34. Testo-Com Soft Basic 5.0

FUENTE: Obtenido de la página de Testo ([https://www.testo.com/es-ES/servicio\\_postventa/software\\_habituales](https://www.testo.com/es-ES/servicio_postventa/software_habituales))



FIGURA 35. Imagen del elemento de la estación meteorológica colocado en cubierta.

FUENTE: Recogido en Google; <http://meteo.unizar.es/index.php?page=station>

### 6\_2\_4 SENSORES:

Se colocarán sensores en los patios, siendo del modelo 174H (medida de la humedad y temperatura) y 174T (medida de la temperatura) de la marca TESTO, – **Figura 37** –, con la intención de medir la temperatura y la humedad de los patios seleccionados. Ambos tipos de sensores presentan una gran sensibilidad por ello en su colocación se forrarán con unos elementos protectores a los que se les ha denominado “caperuzas”. Estas “caperuzas” son elementos que se crean con forma de cilindro y con un material aislante. Por lo tanto, el sensor está protegido de la radiación solar en todo su entorno e incluso por parte superior con el mismo material aislante de las “caperuzas”. En el caso de la Facultad de Matemáticas, se tomarán medidas durante dos semanas, una con el patio cubierto (con toldos) y otra del patio sin cubrir. Sin embargo, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación se monitorizará sin ninguna protección las dos semanas.

Por un lado, la campaña experimental, con duración de aproximadamente 2 semanas (16 días), que se realiza del 7 de mayo al 22 de mayo, se obtienen unas temperaturas máximas de unos 34°C, que corresponden al 17 de mayo y mínimas de 23°C, correspondientes al 9 de mayo. Por otro lado, no existen fuertes ráfagas de viento, ya que la máxima velocidad con la que sopla el viento era de 13km/h.

### 6\_3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE SEVILLA.

Se considera necesario hacer un análisis previo de las condiciones climáticas de la ciudad en la que se encuentran ambos edificios con patio, en este caso Sevilla – **Figura 38** –. Sevilla, capital de la comunidad autónoma de Andalucía, España, presenta la extensión superficial más grande de Andalucía, aproximadamente de 14.042 km<sup>2</sup> y una altitud máxima de 1,13m. Es una ciudad que consta de unos 690.556 millones de habitantes. Sevilla es la capital de provincia más cálida.

Los casos de estudios se ubican en una ciudad con clima cálido y mediterráneo que presenta grandes variaciones entre las temperaturas que se alcanzan en verano y las que se consiguen en invierno. Además, en un mismo día existe una oscilación de temperaturas grande, pudiendo

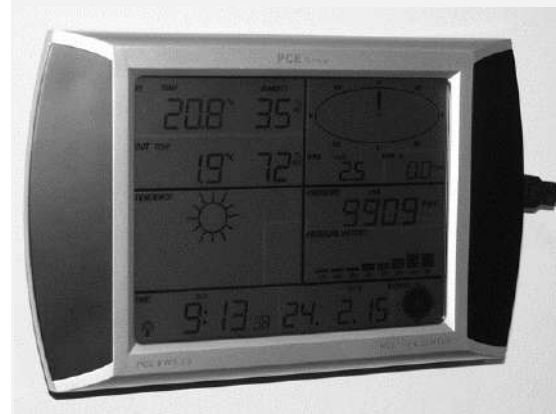


FIGURA 36. Imagen del aparato de medición interior (centro de control)

FUENTE: Recogido en Google:  
<http://meteo.unizar.es/index.php?page=station>



FIGURA 37. Imagen del sensor de humedad y temperatura (a la derecha) y sensor de temperatura (a la izquierda).

FUENTE: Recogido en Google;  
<http://mnt.com.co/producto/testo-174h-datalogger-para-temperatura-y-humedad/>

## ANÁLISIS DE UN ESPACIO DE TRANSICIÓN COMO HERRAMIENTA PASIVA DE CONFORT. EL PATIO

alcanzarse una diferencia de temperaturas de 12-13°C en invierno y de 16-17° en verano. Generalmente, los inviernos son suaves y con temperaturas mínimas de 5°C y los veranos son muy cálidos y secos con temperaturas de 33-37°. Las temperaturas que se alcanzan en verano tienden a ser tan altas que las personas mayores o con enfermedades crónicas pueden sufrir incidencias relacionadas con el calor.

Además, AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) en varias ocasiones ha declarado, por excesivas temperaturas, nivel de aviso amarillo o naranja para esta ciudad. Por otro lado, se emplean también los datos que aporta AEMET para comparar los que ofrece la estación con los que se obtiene de la estación.

En cuanto a la radiación solar, Sevilla es una ciudad en la que destacan los días soleados frente a los días nublados. Esto produce una falta de lluvia y hace que la ciudad sufra un claro período seco a lo largo del año y se caliente. Con ello, también se produce una contaminación del aire del interior de la ciudad con posibilidad de crear enfermedades relacionadas con la respiración. Sin embargo, en Sevilla (al no ser una ciudad costera) la humedad no es muy alta (en comparación a otras ciudades del mediterráneo como Melilla o Cádiz) alcanzando valores de 34-40%.

Según estudios del Instituto de estadísticas y cartografía de la Junta de Andalucía – **Figura 39**, en el año 2010 las inmisiones producidas en Sevilla equivalen en un 91% de días en situación admisibles y un 9% de días estas inmisiones no son aceptables.

### 6\_4 CASOS DE ESTUDIO SELECCIONADOS.

Los dos casos de estudio se ubican en la zona sur de la ciudad (Sevilla), concretamente en la Avenida de la Reina Mercedes (pertenecientes a los distritos de la Palmera-Bellavista) y ambos pertenecen a la Universidad de Sevilla (edificios públicos de uso docente). Se trata de dos proyectos con características diferentes y por ello en cada uno se ha optado por hacer un estudio distinto para sacar conclusiones de diferentes aspectos. En ambos edificios las mediciones se realizan a principio del mes de mayo, ya que es necesario medir en las épocas más calurosas del año para que la medición sea más útil.

## EL AAKROUTI OUALI, LAMIA



FIGURA 38. Situación de ciudad de estudio.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018/ Sin escala. Recogido de Google.

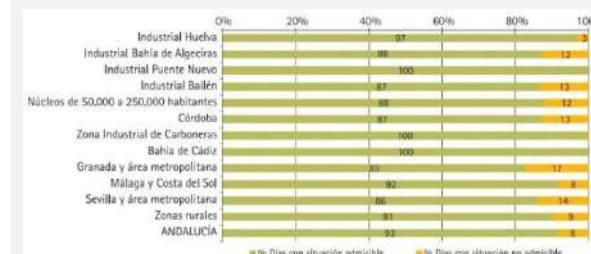


FIGURA 39. Inmisiones atmosféricas en Andalucía: calificación global. Año 2010.

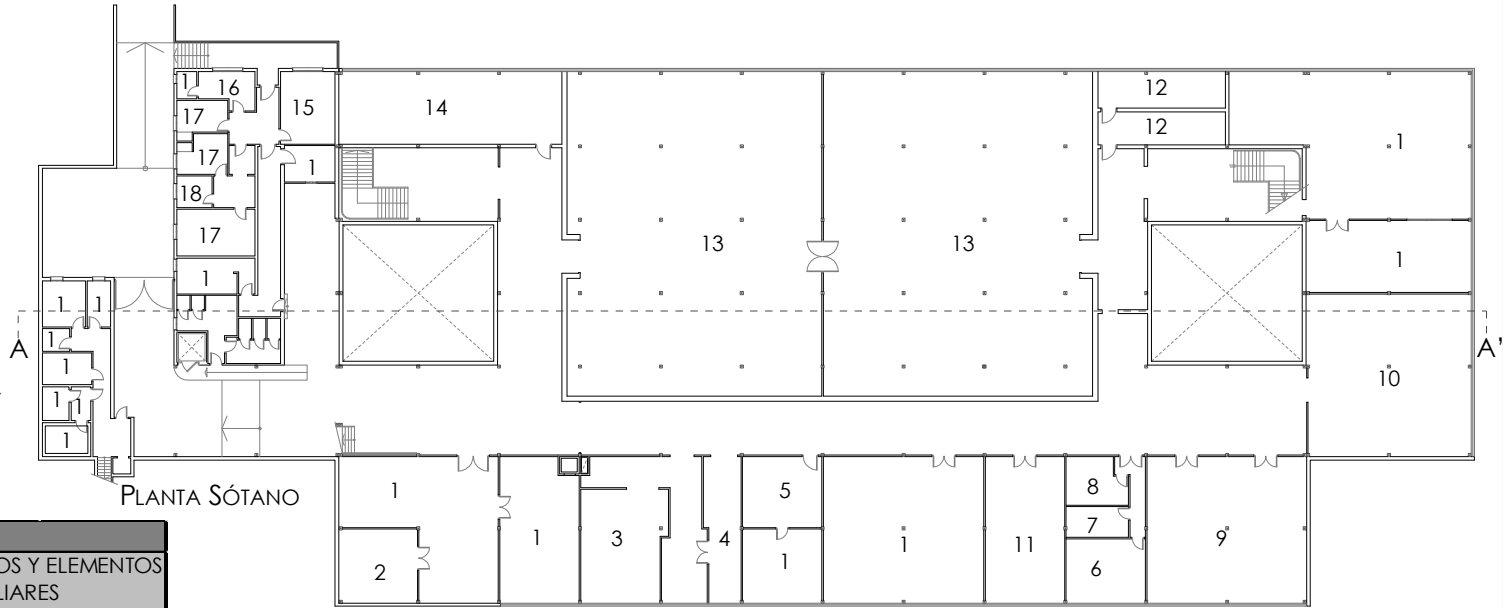
FUENTE: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.



6\_5 DEFINICIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PLANIMETRÍA DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICAS

El primero edificio, que se va a analizar, es un edificio del 1972, diseñado por el arquitecto Alejandro de la Sota, que consta de planta sótano, planta baja, primera, segunda y tercera. Este se cierra sobre sí mismo entorno a un patio central y dando la espalda al exterior. El patio se divide en 4 zonas mediante unas galerías pasantes creando la sensación de estar en un bosque. El patio puede estar cubierto mediante toldos, ya sea para protección de la lluvia de invierno o de la radicación solar de verano. El reparto de usos en el interior está organizado de manera simétrica.

FACULTAD DE MATEMÁTICAS					
DATOS GENERALES		DATOS DIMENSIONALES		CERRAMIENTOS Y ELEMENTOS AUXILIARES	
Año de construcción	1972	Dimensiones del patio	63,80x 12,80m	Elementos de reducción de asoleamiento	Sí
Tipología	Centro universitario	Altura homogénea del patio (m)	12,00m	Tipo de elementos	Toldos
Arquitecto	Alejandro de la Sota	Aspect Ratio	0,18 / 0,90	Lámina de agua / Fuente	No
Localización	Calle tarfia, Sevilla	Geometría	Rectangular	Sección tipo de cerramiento	Pesado (doble hoja)



- LEYENDA PLANTA SÓTANO
- 1\_ALMACÉN
  - 2\_ALMACÉN JARDINERÍA
  - 3\_CALDERAS
  - 4\_TALLER DE FRIGORISTA
  - 5\_DESPACHO MANTO.
  - 6\_DESPACHO ELECT.
  - 7\_TALLER PINTOR
  - 8\_TALLER ELECT.
  - 9\_TALLER HERRERO
  - 10\_TALLER CARPINTERO
  - 11\_TALLER FONTANERO
  - 12\_AIRE ACONDICIONADO
  - 13\_SALA DE ESTUDIOS
  - 14\_DELEGACIÓN DE ALUMNOS
  - 15\_COMEDOR
  - 16\_COCINA
  - 17\_DORMITORIO
  - 18\_ASEO

Por otro lado, este proyecto destaca tanto por el patio entorno al que gira, como a la importancia de la estructura metálica del interior.

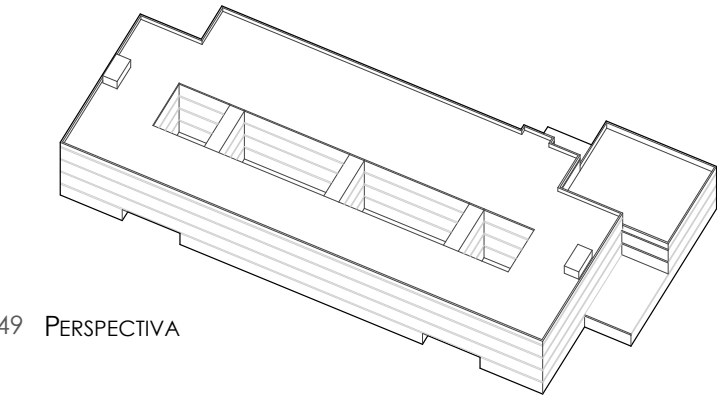
El patio que se analiza es un patio de planta rectangular y con unas dimensiones de 63,80 x 12,80, lo cual es diferentes al siguiente caso de estudio.



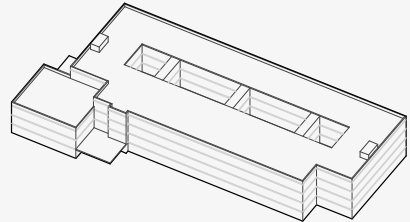
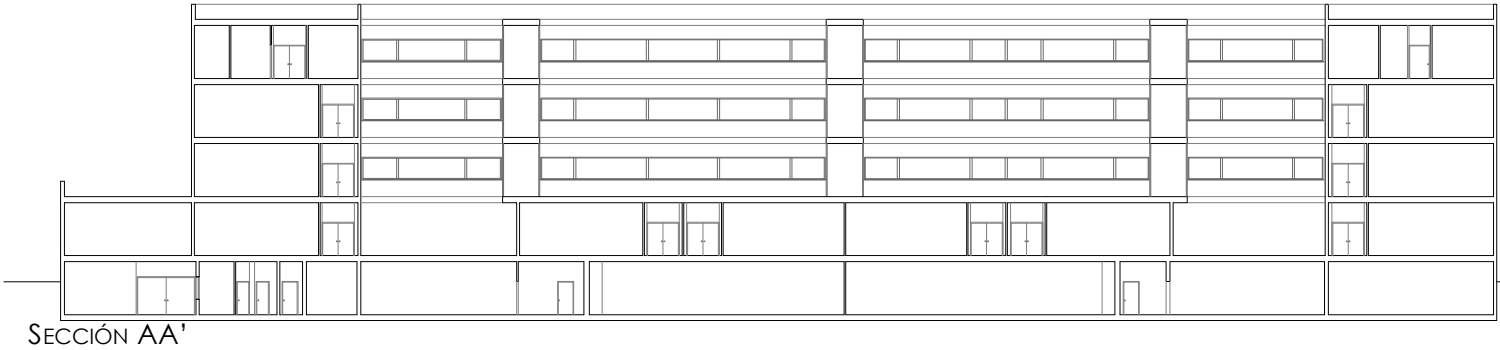
FIGURA 40. Gráfica de datos de la Facultad de Matemáticas  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

FIGURA 41. Imagen a la derecha: Planta Campus de Reina Mercedes, indicativo de la Facultad de Matemáticas.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de Google Maps.

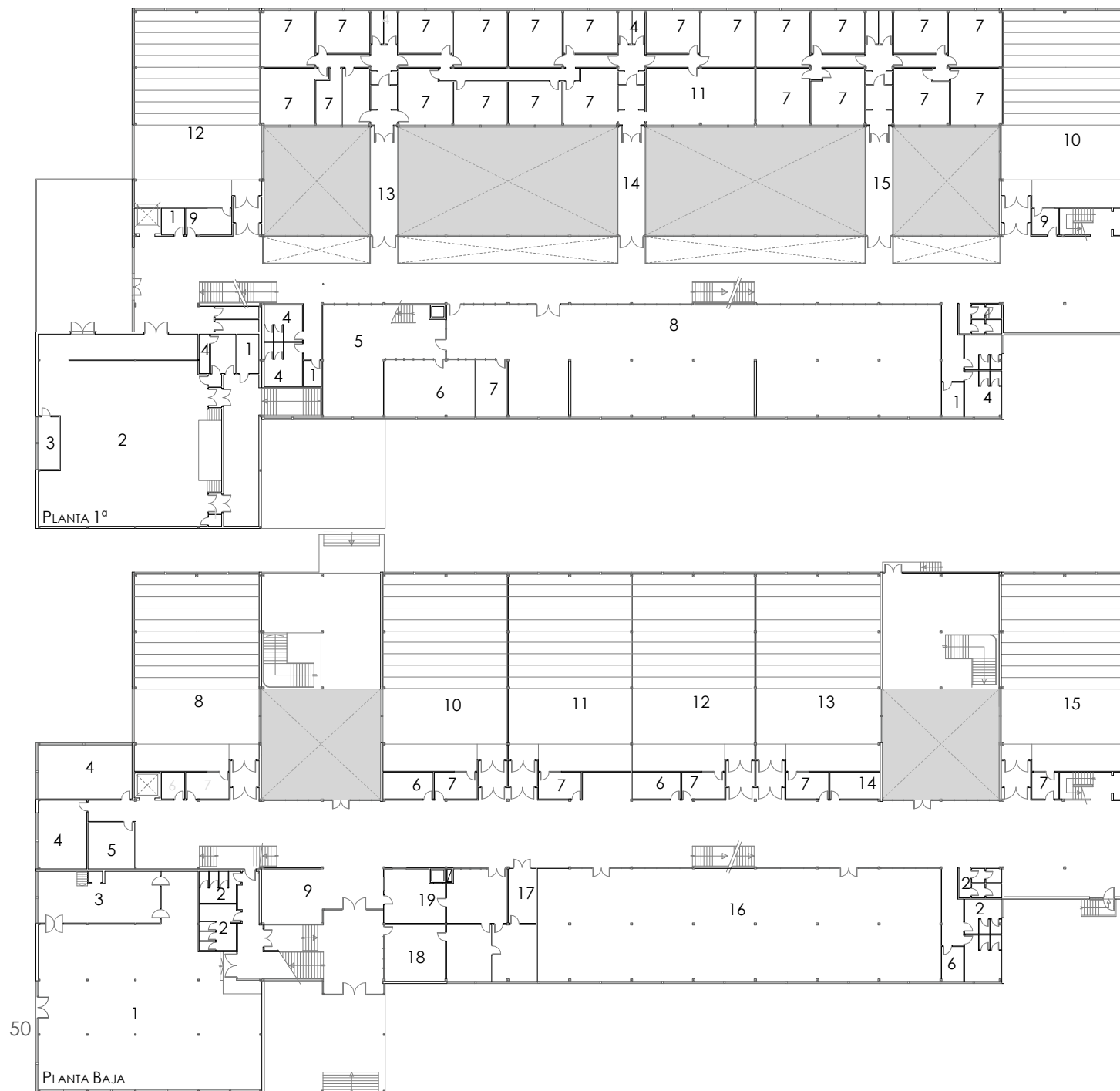
FIGURA 42. Perspectiva, planta sótano y sección de la Facultad de Matemáticas.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS.



49 PERSPECTIVA





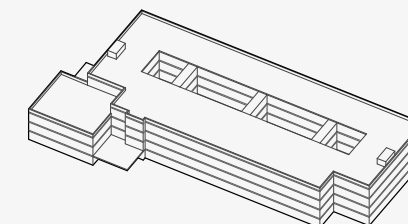


LEYENDA PLANTA 1ª  
 2\_SALON DE ACTOS  
 3\_CABINA DE PROYECCIÓN  
 4\_ASEOS  
 5\_DEPOSITO DE LIBROS  
 6\_DIRECCIÓN BIBLIOTECA  
 7\_DESPACHO  
 8\_SALA DE LECTURA  
 9\_ANTESALA  
 10\_AULA 1.2  
 11\_SEMINARIO  
 12\_AULA 1.1  
 13\_PUENTE C1  
 14\_PUENTE B1  
 15\_PUENTE A1

LEYENDA PLANTA BAJA  
 1\_BAR-COMEDOR  
 2\_ASEOS  
 3\_COCINA-BAR  
 4\_DELAGACIÓN DE ALUMNOS  
 5\_DELEGACIÓN DE DEPORTE  
 6\_ALMACÉN  
 7\_ANTESALA  
 8\_AULA 01  
 9\_CONSERJERÍA  
 10\_AULA 02  
 11\_AULA 03  
 12\_AULA 04  
 13\_AULA 05  
 14\_ALMACÉN BIOLOGÍA  
 15\_AULA 06  
 16\_SALA DE ESTUDIOS  
 17\_CUADRO GENERAL  
 18\_DESPACHO  
 19\_COPISTERÍA

FIGURA 43. Planta baja y primera de la Facultad de Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500.  
 Recopilado de Biblioteca ETSAS.



# ANÁLISIS DE UN ESPACIO DE TRANSICIÓN COMO HERRAMIENTA PASIVA DE CONFORT. EL PATIO

EL AAKROUTI OUALI, LAMIA



## LEYENDA PLANTA 3ª

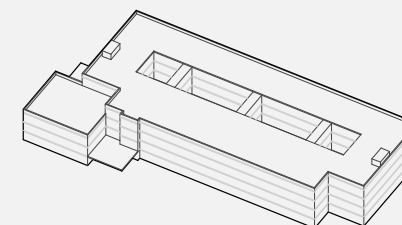
- 1\_DESPACHO
- 2\_ASEOS
- 3\_SALA DE ORDENADORES
- 4\_SEMINARIO
- 5\_ASCENSOR
- 6\_ALMACÉN
- 7\_DEPÓSITO LIBROS
- 8\_PUENTE C1
- 9\_PUENTE B1
- 10\_PUENTE A1

## LEYENDA PLANTA 2ª

- 1\_ALMACÉN
- 2\_MANTENIMIENTO
- 3\_MANTENIMIENTO INSTALACIONES
- 4\_SECRETARÍA
- 5\_DESPACHO
- 6\_SALA DE JUNTAS
- 7\_ASEOS
- 8\_AULA 2.2
- 9\_AULA 2.1
- 10\_ANTESALA
- 11\_PUENTE C-1
- 12\_PUENTE B-1
- 13\_PUENTE A-1

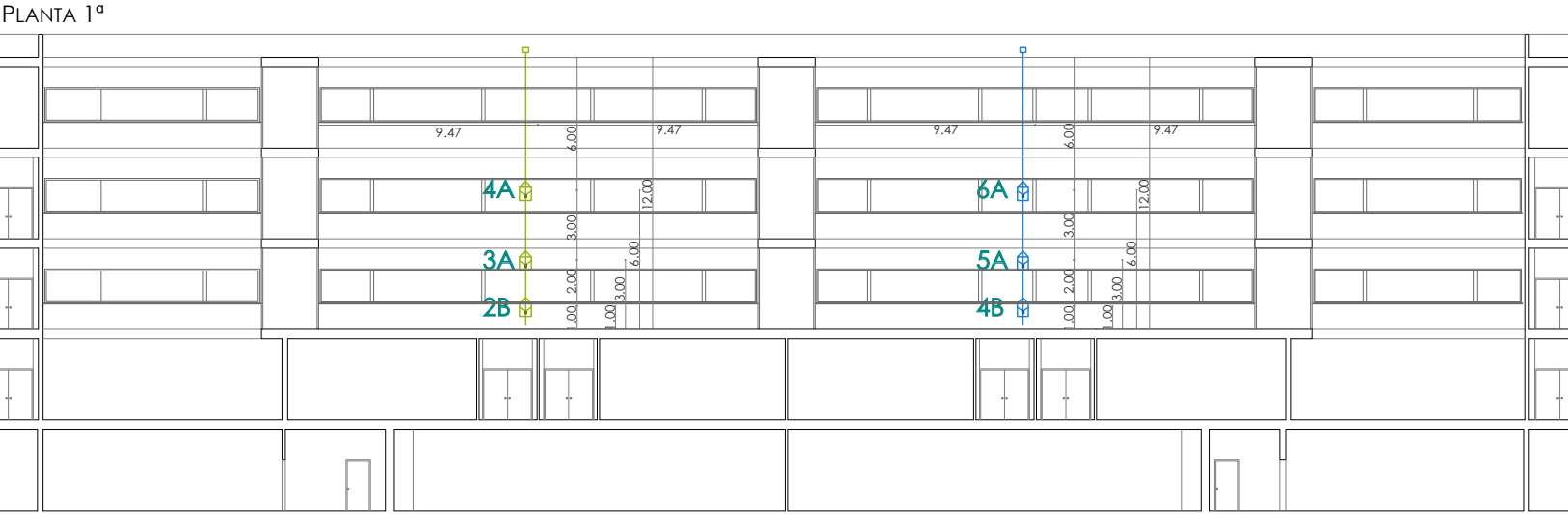
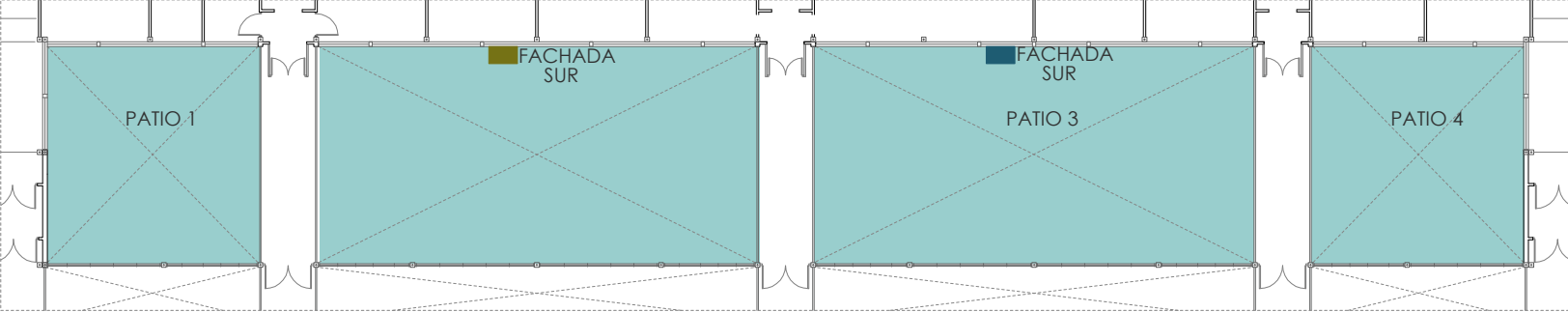
FIGURA 44. Planta segunda, tercera y cubierta de la Facultad de Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500.  
Recopilado de Biblioteca ETSAS.



6\_5\_1 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

En cuanto a la monitorización de la Facultad de Matemáticas se trata de colocar 6 sensores colocados en dos de los 4 patios que existen. Estos estarán situadas a diferentes alturas, y se colocaran 2 en cada altura, de manera que se colocan dos sensores de humedad y temperatura a 1m (2B y 4B), dos sensores de temperatura a 3m (3A y 5A) y dos sensores de tempertura a 6m (4A y 6A). Todos se colocan en la fachada sur, al se donde vas sombre se va a soleamiento se recibe y más eficaces serán los resultados. Para que pueden estar en la fachada del patio, se cuelgan desde las barrandillas de la cubierta.



SECCIÓN AA'

Por otro lado, no existen ningún problema de accesibilidad a los patios ya que son de acceso restringido.

LEYENDA PLANTA 1ª

SITUACIÓN DE LOS SENSORES PATIO 2:

- 4A (6,00m)
- 3A (3,00m)
- 2B (1,00m)

SITUACIÓN DE LOS SENSORES PATIO 3:

- 6A (6,00m)
- 5A (3,00m)
- 4B (1,00m)

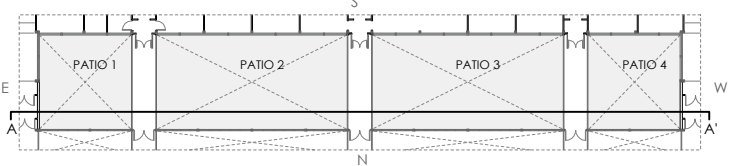
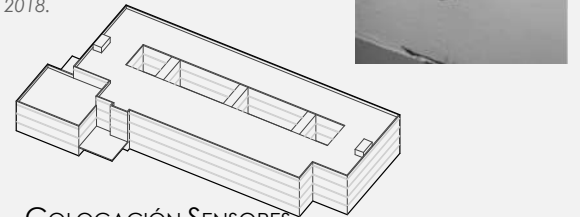


FIGURA 45. Imágenes de la monitorización de la Facultad de Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

FIGURA 46. Indicación de la posición de cada uno de sensores en la Facultad de Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



COLOCACIÓN SENSORES F.MATEMÁTICAS

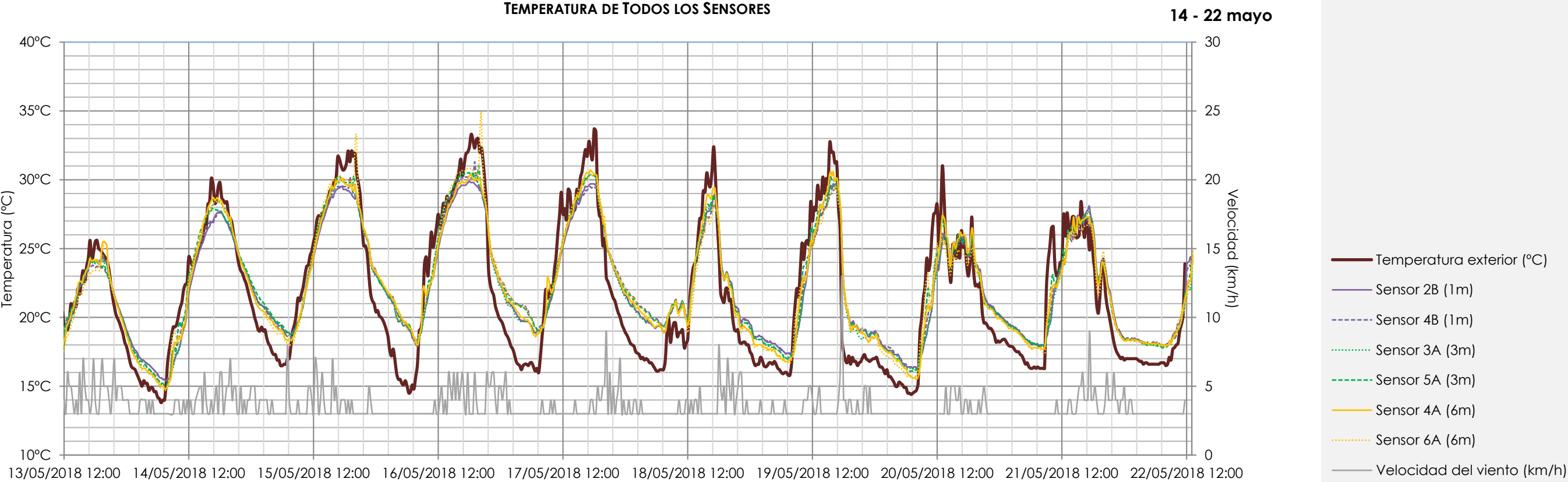
ESCALA 1:300

6\_5\_2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS GRÁFICAS DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICAS.

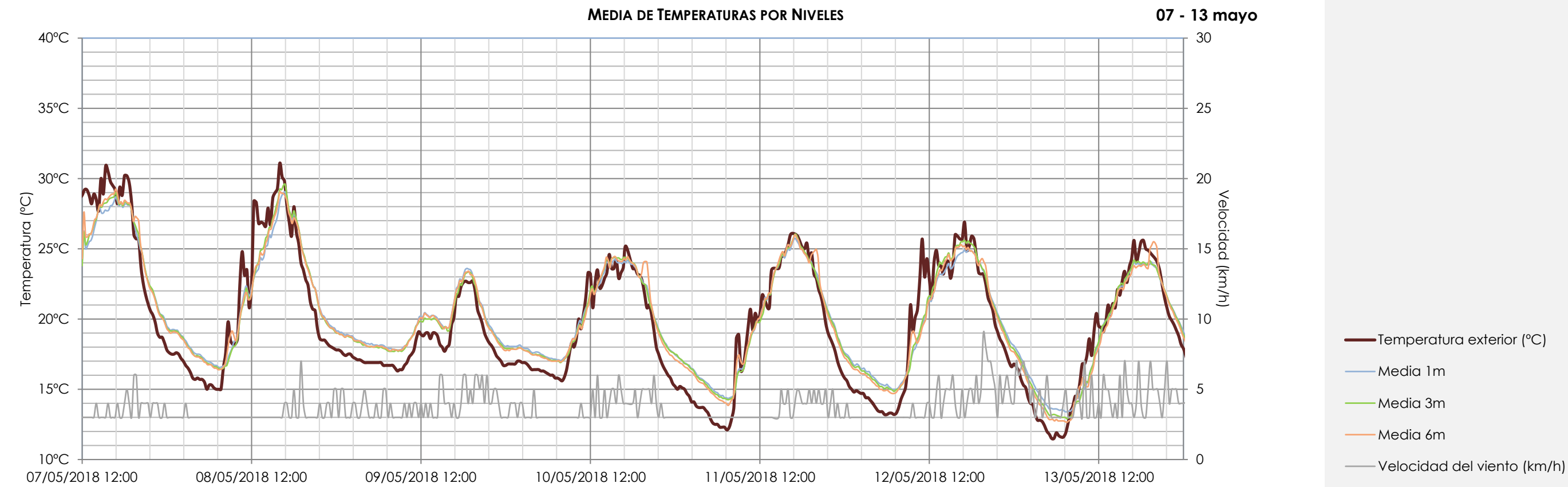
Una vez se han monitorizado los patios, se procede a la descarga de datos de los sensores. Estos datos de temperatura se comparan con los de la temperatura exterior para poder ver la eficacia del comportamiento de los patios. A continuación, se ve en la gráfica las temperaturas detectadas por los sensores en los días 07-13 de mayo y los valores alcanzados en los días 14-22 de mayo, en las gráficas se representan los sensores ubicados a 1m (sensores de humedad y temperatura), 3m (sensor de temperatura) y 6m (sensor de temperatura). Se puede concluir, después de analizar todos los datos que se obtienen, que el patio actúa como un atemperador térmico.

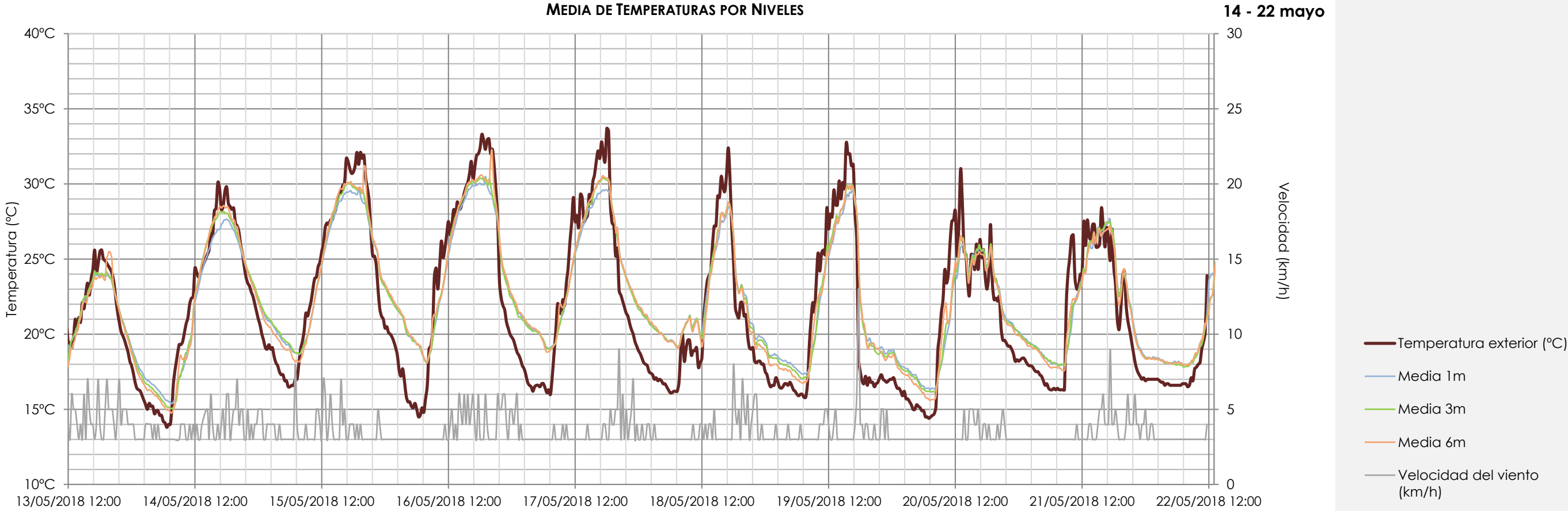


El patio actúa como un patio Mediterráneo, ya que el patio no es efectivo realmente hasta que no alcanza una determinada temperatura.



También se indican en una gráfica los valores de temperatura que alcanzan los patios, pero con una media de los sensores colocados a la misma altura, ya que en la Facultad de Matemáticas existían dos sensores, repartidos en líneas verticales, en cada una de las alturas (1m, 3m y 6m):

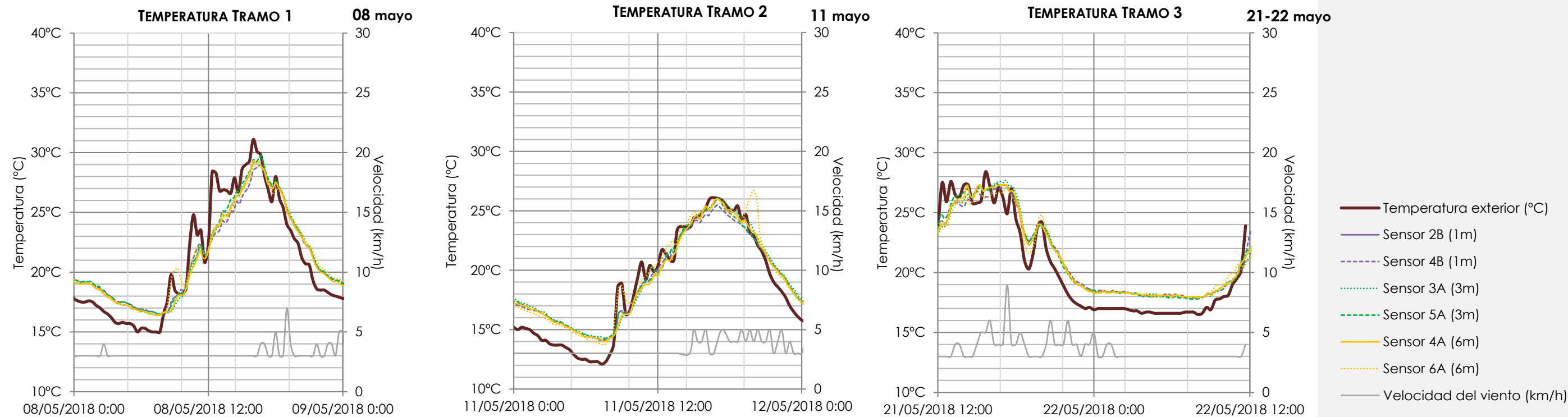






Como se puede ver en las gráficas existen puntos que destacan y son los que se analizaran de manera que con ellos se sacaran las conclusiones que definen exactamente el comportamiento del patio. En primer lugar, se observa como en los valores obtenidos del patio de la Facultad de Matemáticas, se distinguen 3 tramos:

- Un tramo de temperaturas que alcanzan 31°C: en el cual la temperatura exterior está por encima de la del patio. Esto se aprecia en el día 8 de mayo, donde la temperatura exterior es mayor que la del patio entorno a unos 3°C.
  - Un segundo tramo que está en entorno a uno 26°C: en el que prácticamente hay una coincidencia entre la temperatura ambiente y la temperatura que alcanza el patio. Se comprueba el 11 de mayo donde ambas temperaturas coinciden.
  - Tramos con temperaturas en torno a los 17°C: la temperatura del patio está por encima de la temperatura exterior. Esto pasa principalmente en el momento de noche.
- Estos 3 tramos, se observan en todos los días, pero de manera más suave.

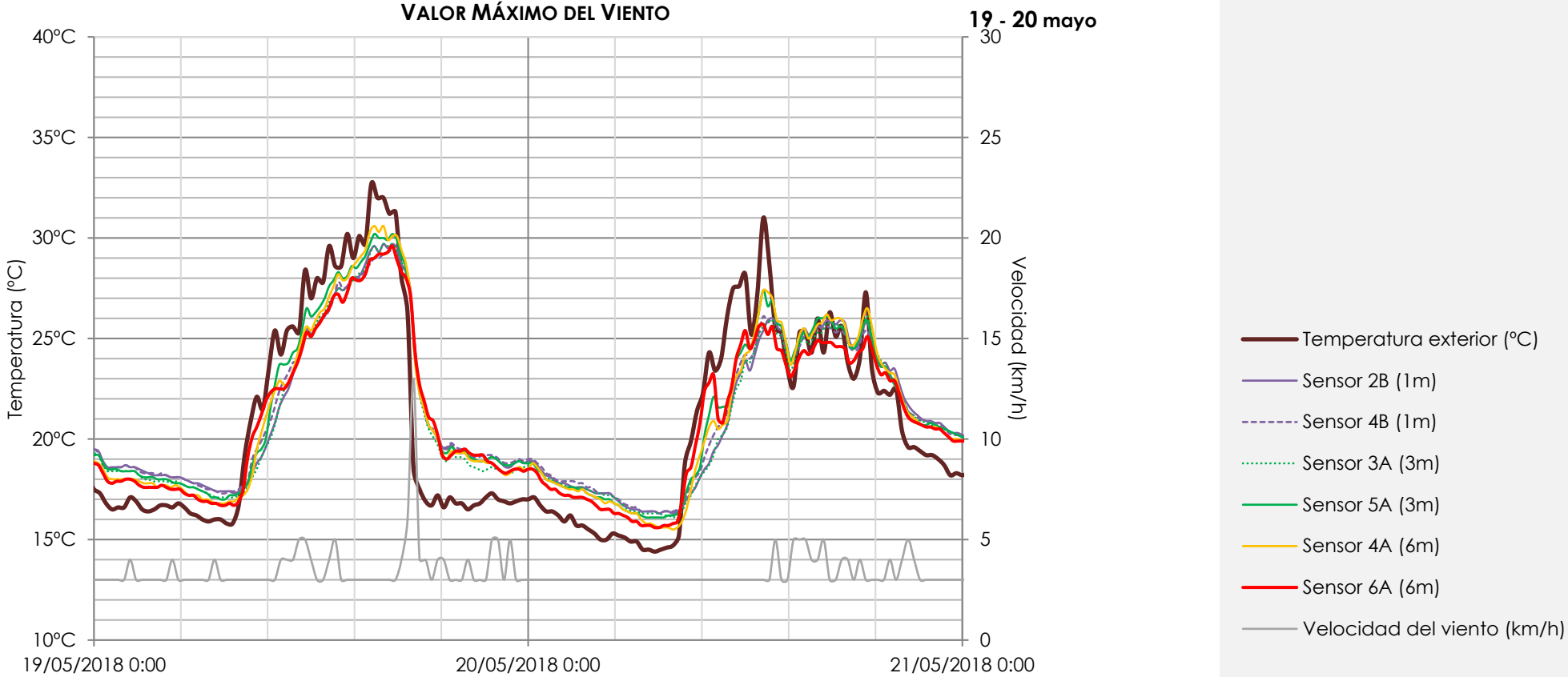


Además, se aprovecha y se estudia, también, el día en el que el viento alcanza la mayor velocidad (20 de mayo) para ver si este afecta a la temperatura en el interior de los patios con respecto a la exterior. Como se puede ver, el viento no afecta mucho, aunque si se produce una decaída más rápida de la temperatura exterior, con una pendiente más pronunciada que la del patio, el cambio térmico que supone la ráfaga del viento pues no modifica tanto la caída de la temperatura interior frente a la pendiente de la temperatura exterior. Por otra parte, se ve como la estratificación, que es un fenómeno en el que cuando una pared tiene una temperatura más baja que la del exterior se produce un desplazamiento de aire más caliente hacía arriba hasta que se alcanza un equilibrio entre la temperatura de la pared y el exterior, en este caso se produce a la inversa. Ya que cuando el sensor que está en el punto, en determinados momentos del día, tiene una temperatura inferior a un sensor ubicado más bajo.

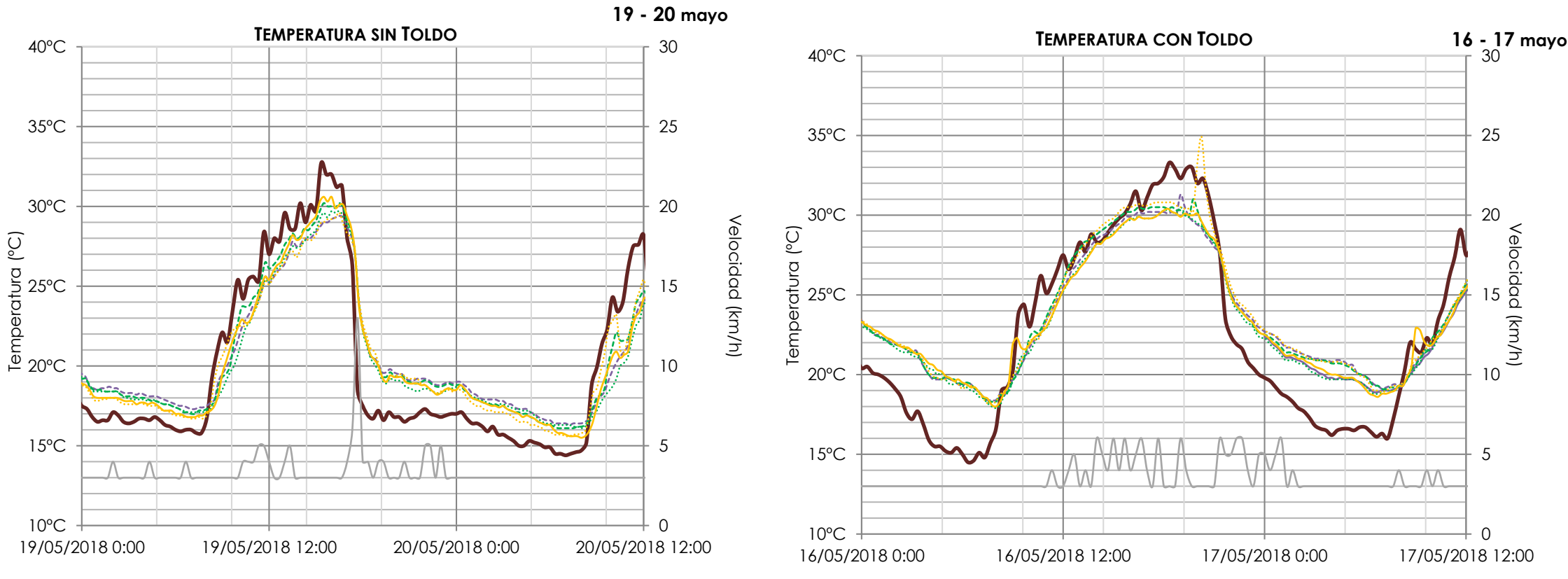


FIGURA 47. Arriba: ubicación de sensores en patio 2 en F. Matemáticas, Abajo: ubicación de sensores en patio 3, en F. Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



Por otro lado, en la Facultad de Matemáticas se ha podido tomar medidas durante 4 días con los toldos puestos. Sin embargo, solo se han colocado los toldos de los 4 patios durante 1 de ellos, los otros tres días se han cubiertos solo dos patios. Además, se realiza una comparación de un día con toldos y otro sin toldos, donde la temperatura exterior es de 33°C a las 15:20h y de unos 14-16°C a las 2:00h, para comprobar si la función del toldo es efectiva en este patio. Y como se puede apreciar, el toldo si hace efecto ya que la diferencia de temperatura por la mañana y por la noche es menor, es decir, que cuando la temperatura exterior es superior la temperatura en el patio con toldo es ligeramente inferior a cuando el patio tiene toldo, y de noche cuando la temperatura del patio es inferior en el patio la temperatura es ligeramente superior a cuando el patio no tiene patio.



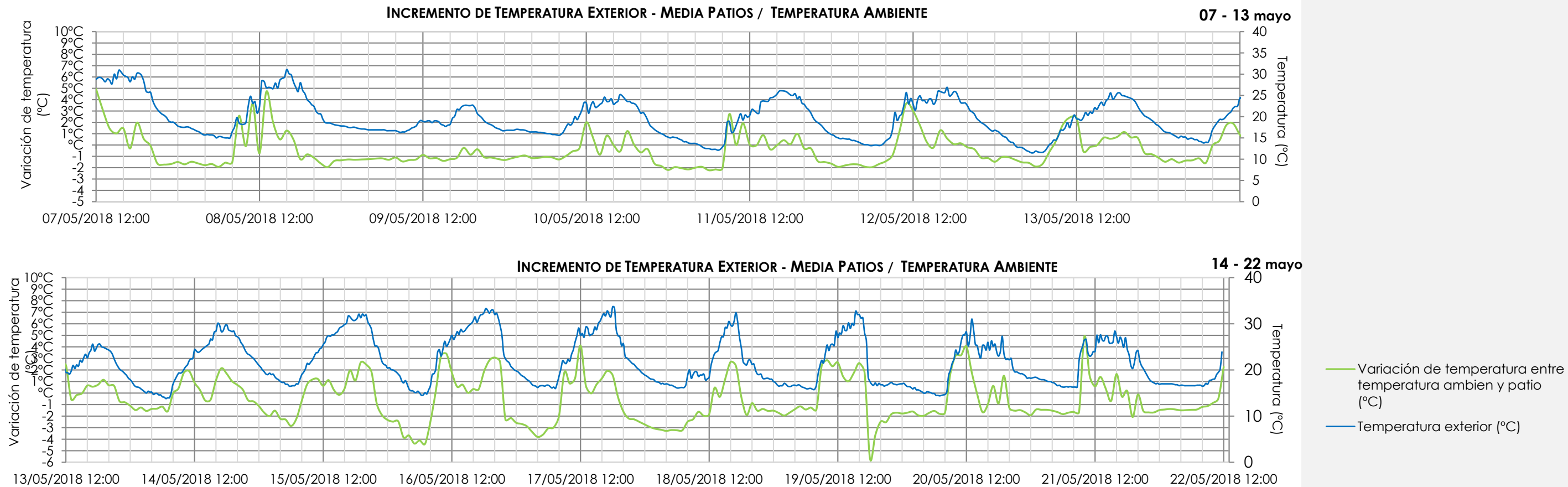
MAYO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
30	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
----- Sin toldo -----						
14	15	16	17	18	19	20
4 Toldos	2 Toldos	2 Toldos	2 Toldos	----- Sin toldo -----		
21	22	23	24	25	26	27
Sin toldo						
28	29	30	31	1	2	3

FIGURA 48. Cronograma de monitorización F. Matemáticas.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

- Temperatura exterior (°C)
- Sensor 2B (1m)
- Sensor 4B (1m)
- Sensor 3A (3m)
- Sensor 5A (3m)
- Sensor 4A (6m)
- Sensor 6A (6m)
- Velocidad del viento (km/h)

Por último, se determina cual es la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. Y como se puede ver en la Facultad de Matemáticas, existe una variación de 5,7°C en la franja diurna y diferencia de 2,5°C en la franja nocturna. Se considera que no existen una gran diferencia de temperaturas ya que se ha medido la temperatura del patio en un periodo del año donde las temperaturas no son muy elevadas. A la vez, no ha podido apreciar ligeramente el efecto en los días en los que se han colocado los toldos (14-15-16-17 mayo), podría existe mayor diferencia en los días con toldo si se hubieran colocado todos (cuatro toldos) y si la temperatura del ambiente hubiera sido mayor. Por otro lado, se ve como en la segunda semana la variación con respecto a la temperatura exterior tiene un comportamiento más regular, sin embargo, en la primera semana se observa un comportamiento mucho más irregular.



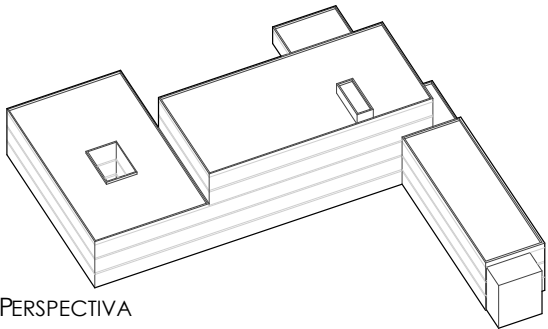
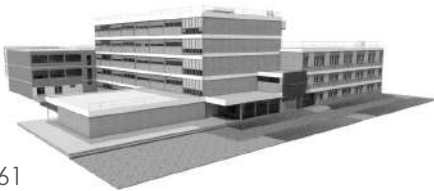
6\_6 DEFINICIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PLANIMETRÍA DE ESCUELA  
TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN

El segundo caso de estudio, que se va a analizar, es un edificio del 1959, destinado a uso docente, que consta de planta sótano, planta baja, entreplanta 1, entreplanta 2 y ático. El edificio hace medianera con la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Es un edificio que volumétricamente se divide en 3 partes: la primera consta de planta baja, primera y segunda; la segunda consta de 5 plantas; y una última de parte de 3 plantas. Por otro lado, el patio que se estudia da servicio a pasillos y a despachos.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN					
DATOS GENERALES		DATOS DIMENSIONALES		CERRAMIENTOS Y ELEMENTOS AUXILIARES	
Año de construcción	1959	Dimensiones del patio	5,85x 8,45m	Elementos de reducción de asoleamiento	No
Tipología	Centro universitario	Altura homogénea del patio (m)	11,70m	Tipo de elementos	-
Arquitecto	-	Aspect Ratio	2,00 / 1,28	Lámina de agua / Fuente	No
Localización	Avenida Reina Mercedes nº 4, Sevilla	Geometría	Cuadrado	Sección tipo de cerramiento	Pesado



Al ser un patio de dimensiones reducidas, como se verá más adelante, la ETSIE se monitorizará solamente con 3 sensores.

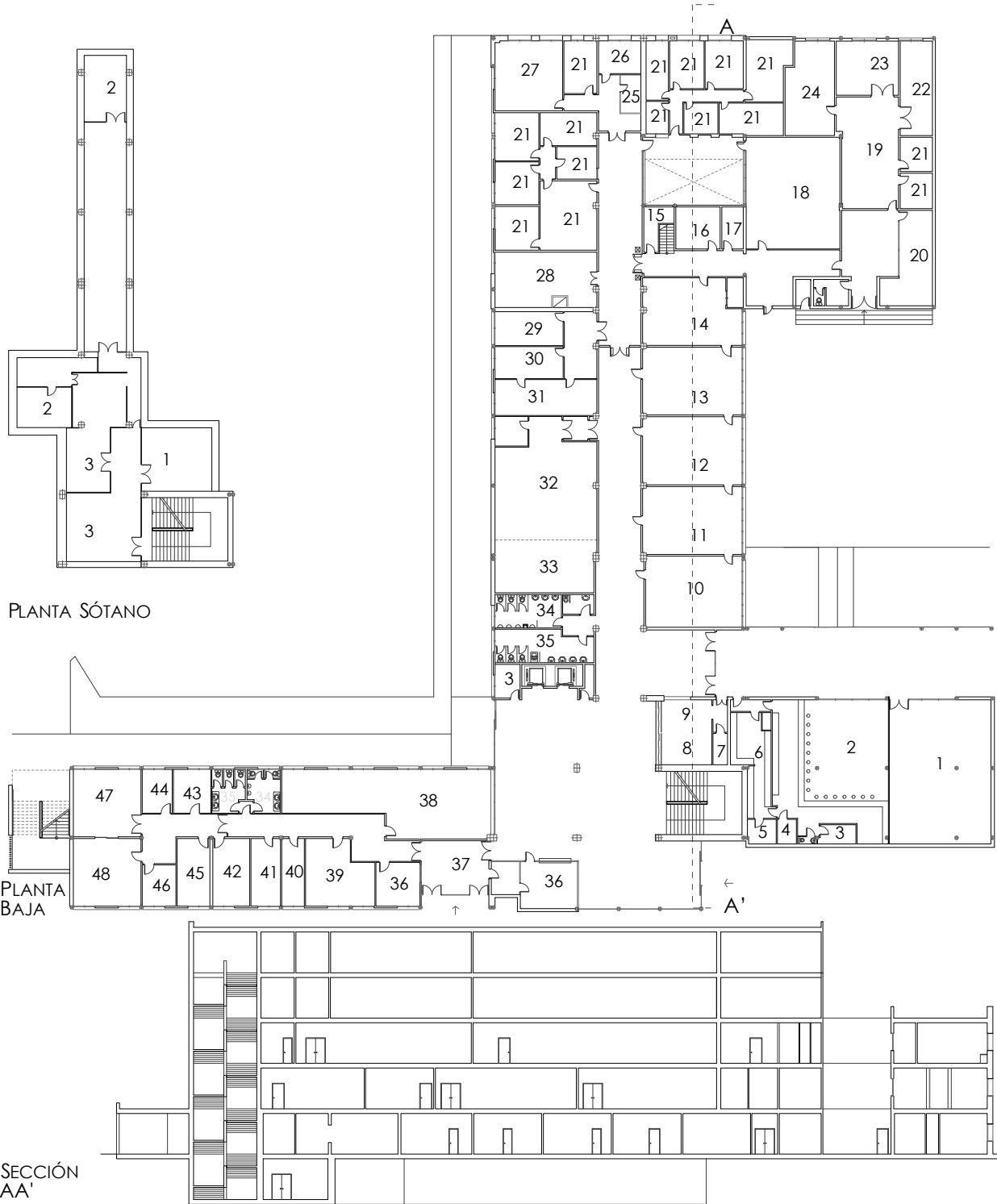


PERSPECTIVA

SECCIÓN AA'

PLANTA SÓTANO

PLANTA BAJA



El AAKROUTI OUALI, LAMIA

LEYENDA PLANTA BAJA	
1_SALA DE ESTUDIOS	25_SECRETARÍA
2_BAR- RESTAURANTE	26_DIRECTOR
3_ALMACÉN	27_SEMINARIO
4_CÁMARA	28_SEGURIDAD Y SALUD LABORAL
5_DESPENSA	29_DELEGACIÓN
6_COCINA	30_DELEGACIÓN CULTURA
7_ALMACÉN COPISTERÍA	31_DELEGACIÓN DEPORTE
8_ALMACÉN Y CGBT.	32_CONTROL
9_COPISTERÍA	33_SALÓN DE GRADOS
10_CAD 5	34_ASEOS MASCULINOS
11_CAD 4	35_ASEOS FEMENINOS
12_CAD 3	36_CONSEJERÍA
13_CAD 2	37_VESTÍBULO
14_CAD 1	38_SECRETARÍA
15_CUARTO DE LIMPIEZA	39_SUBDIRECCIÓN
16_SERVICIO INFORMÁTICA	40_INFRAESTRUCTURAS
17_ORDENADORES	41_CALIDAD
18_AULA INFORMÁTICA	42_DOCENCIA
19_DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS	43_DIRECTOR EXTENSIÓN CULTURAL
20_SECRETARÍA DEPARTAMENTO	44_SECRETARIO
21_DESPACHO	45_ASESOR TC.
22_DIRECTOR DEPARTAMENTO	46_SUBDIRECCIÓN INNOVACIÓN
23_SECRETARIO DEPARTAMENTO	47_APOYO ORG. DE GOBIERNO
24_SALA INVESTIGACIÓN	48_SALA DE DIRECCIÓN

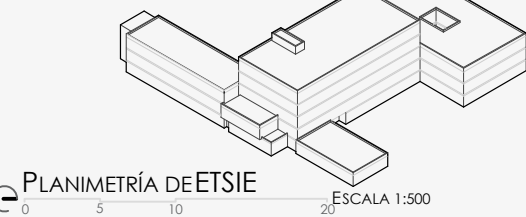
LEYENDA PLANTA SÓTANO	
1_ARCHIVO SECRETARÍA	
2_SALA DE CALDERAS	
3_DEPÓSITOS	

FIGURA 49. Gráfica de datos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

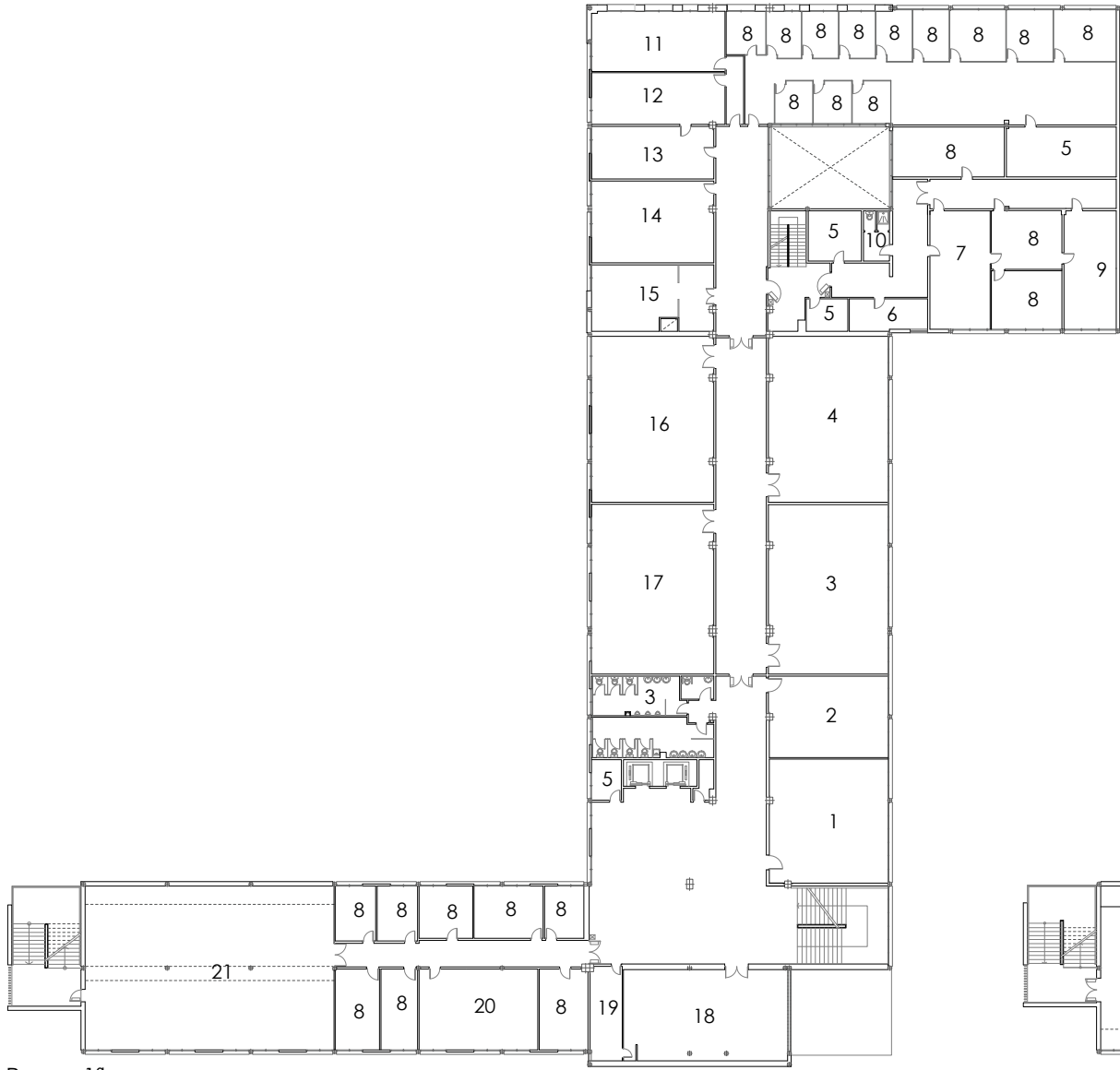
FIGURA 50. Imagen arriba a la izquierda: Planta Campus de Reina Mercedes.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de Google Maps.

FIGURA 51. Imagen abajo a la izquierda: Volumetría de la ETSIE.  
FUENTE: Recogido de Google([https://www.google.es/search?q=escuela+1%C3%A9cnica+superior+de+ingenier%C3%ADa+de+edificaci%C3%B3n+sevilla&rlz=1C1OKWM\\_esES790ES790&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewip5mWsoPbAhVBrQKHVAeCCgQAUoA3oECAAQBQ&biw=1366&bih=662#imgrc=a5hzbzDVCgx2GM;](https://www.google.es/search?q=escuela+1%C3%A9cnica+superior+de+ingenier%C3%ADa+de+edificaci%C3%B3n+sevilla&rlz=1C1OKWM_esES790ES790&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewip5mWsoPbAhVBrQKHVAeCCgQAUoA3oECAAQBQ&biw=1366&bih=662#imgrc=a5hzbzDVCgx2GM;)).  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS.

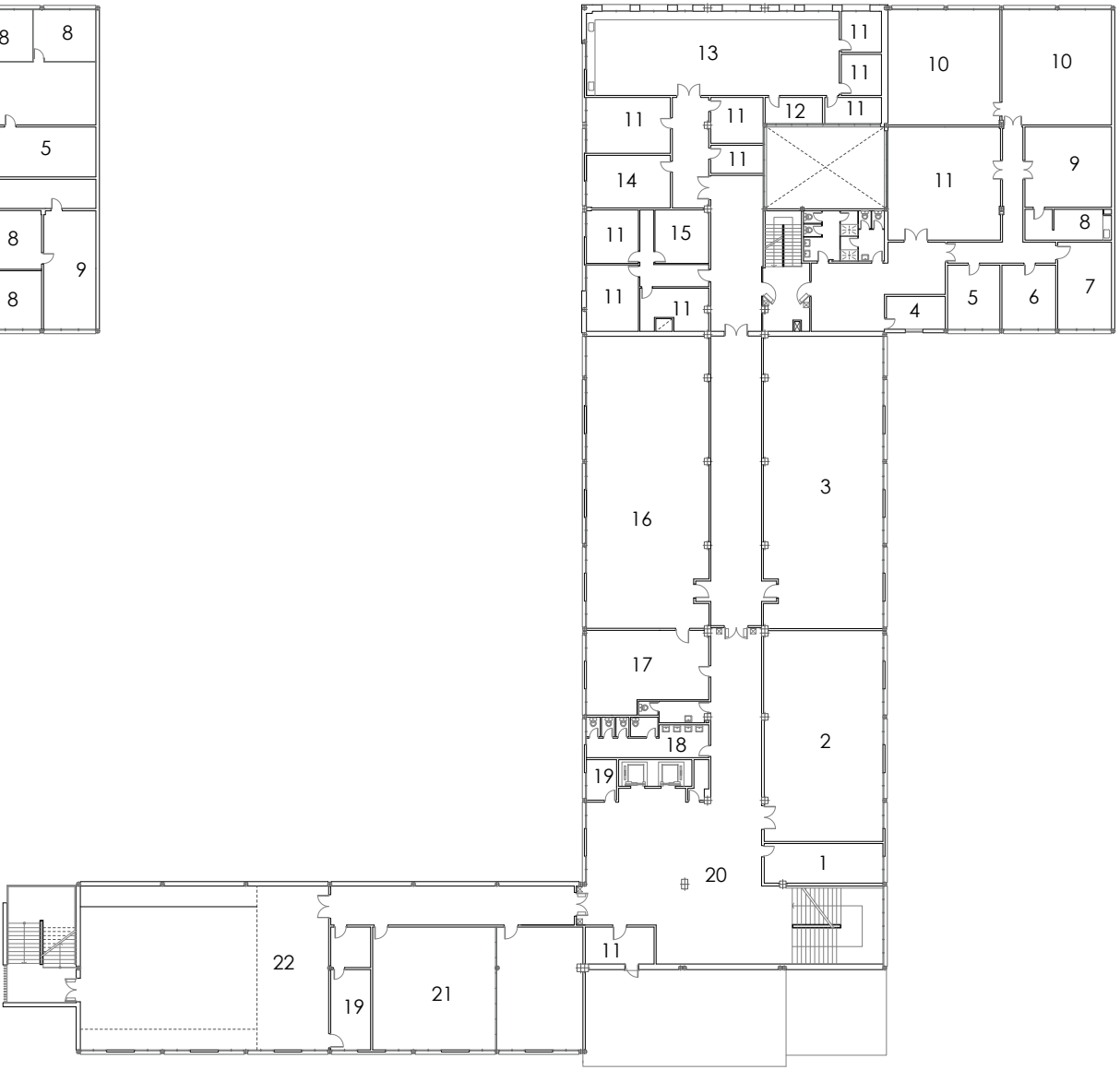
FIGURA 52. Perspectiva, planta baja y sección de la ETSIE  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS.



PLANIMETRÍA DE ETSIE  
ESCALA 1:500



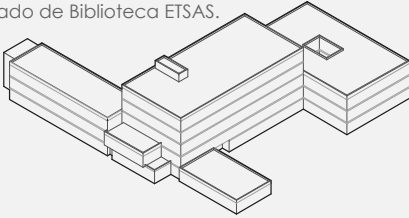
PLANTA 1ª



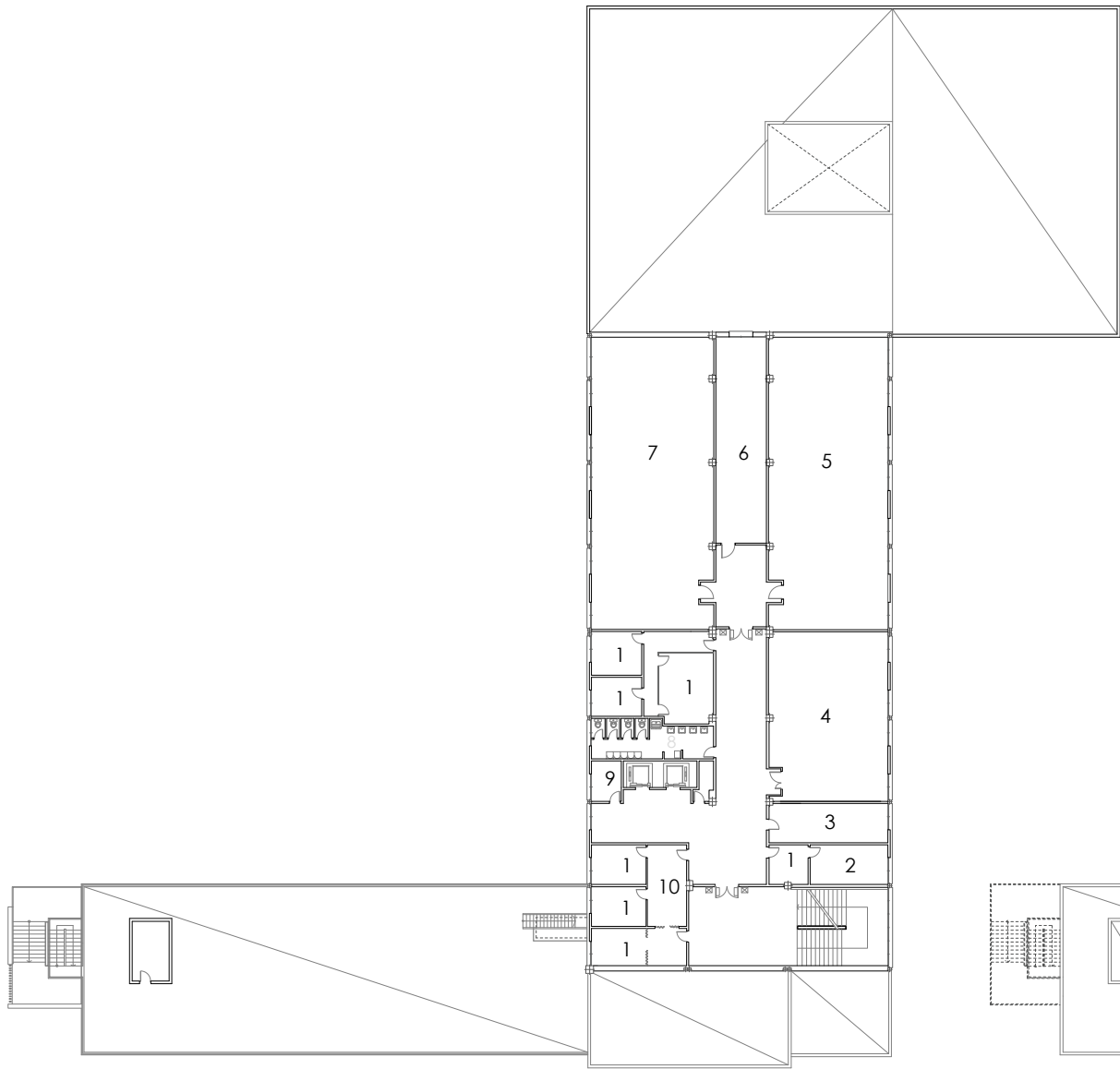
PLANTA 2ª

- LEYENDA PLANTA 1ª
- 1\_AULA 1.0
  - 2\_SEMINARIO 1
  - 3\_AULA 1.1
  - 4\_AULA 1.2
  - 5\_ALMACÉN
  - 6\_RESTAURACIÓN
  - 7\_CONSTRUCCIÓN
  - 8\_DESPACHO
  - 9\_PATOLOGÍA
  - 10\_VESTÍBULO LIMPIEZA
  - 11\_CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN
  - 12\_MATERIALES I
  - 13\_MATERIALES DESPACHOS
  - 14\_MATERIALES CONSTRUCCIÓN I
  - 15\_INTRODUCCIÓN A LA CONSTRUCCIÓN
  - 16\_AULA 1.3
  - 17\_AULA 1.4
  - 18\_CAPILLA
  - 19\_DESCAPACHO SARUS
  - 20\_SEMINARIO MATEMÁTICAS APLICADAS
  - 21\_SALA DE ESTUDIOS
- LEYENDA PLANTA 2ª
- 1\_SEMINARIO DIBUJO
  - 2\_AULA 2.1
  - 3\_AULA 2.2
  - 4\_INFORMÁTICA
  - 5\_CATEDRA INSTALACIONES
  - 6\_DESPACHO
  - 7\_EQUIPOS OBRA DESPACHOS
  - 8\_CÁMARA OCULTA
  - 9\_LABORATORIO FOTOGRÁFICO
  - 10\_INSTALACIONES DESPACHOS
  - 11\_DESPACHO
  - 12\_ORDENADORES
  - 13\_LABORATORIO FÍSICA
  - 14\_SEMINARIO FÍSICA
  - 15\_SALA REUNIONES
  - 16\_AULA 2.3
  - 17\_CATEDRÁ DIBUJO
  - 18\_ASEOS FEMENINOS
  - 19\_ALMACÉN
  - 20\_VESTÍBULO
  - 21\_AULA
  - 22\_AULA Y SALÓN DE ACTOS

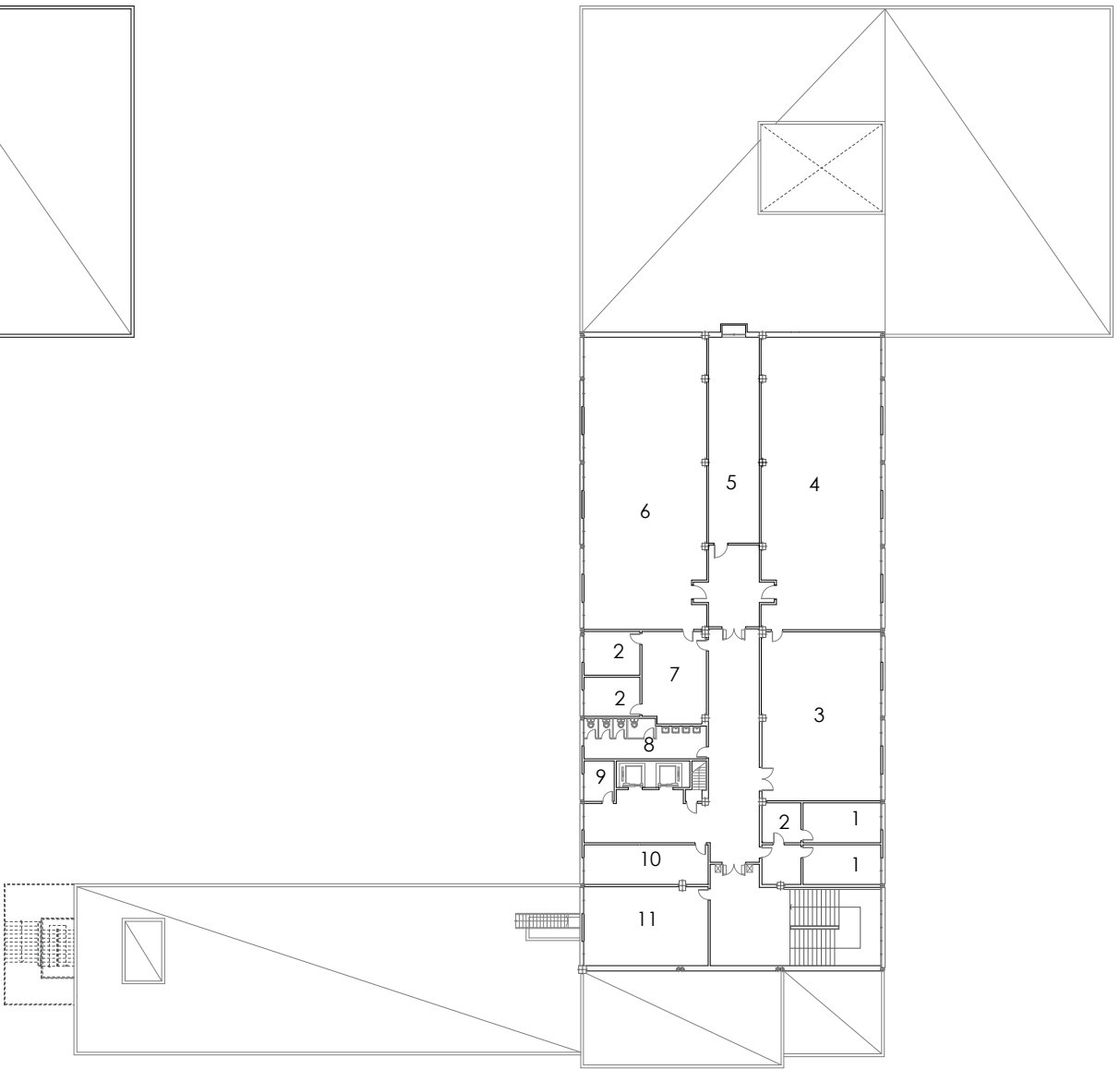
FIGURA 53. Planta primera y segunda de la ETSIE.  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500.  
Recopilado de Biblioteca ETSAS.







PLANTA 3ª



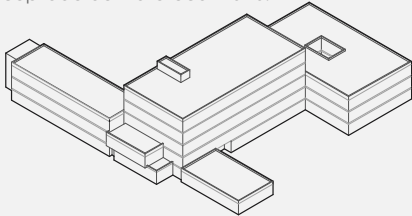
PLANTA 4ª

- LEYENDA PLANTA 3ª
- 1\_DESPACHO
  - 2\_CATEDRÁ HISTORIA
  - 3\_ARQUEOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN
  - 4\_AULA 3.1
  - 5\_AULA 3.2
  - 6\_SEMINARIO PLANTA 3ª
  - 7\_AULA 3.3
  - 8\_ASEOS MASCULINOS
  - 9\_ALMACÉN
  - 10\_SALA REUNIONES

- LEYENDA PLANTA 4ª
- 1\_DESPACHO RESTAURACIÓN
  - 2\_DESPACHO
  - 3\_AULA 4.1
  - 4\_AULA 4.2
  - 5\_SEMINARIO PLANTA 4ª
  - 6\_AULA 4.3
  - 7\_SEMINARIO DET. ARQUITECTURA
  - 8\_ASEOS FEMANINOS
  - 9\_ALMACÉN
  - 10\_ESTRUCTURAS III
  - 11\_SEMINARIO DIBUJO EXPRESIÓN GRÁFICA

FIGURA 54. Planta tercera y cuarta de la ETSIE.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500.  
Recopilado de Biblioteca ETSAS.





6\_6\_1 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.

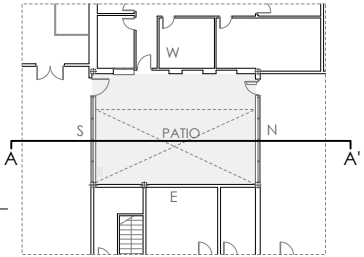
La monitorización del edificio de edificación se lleva a cabo colocando un total de 6 sensores, siendo dos de ellos de humedad y los otros 4 son sensores de humedad y temperatura. En este patio, están colocados los sensores 1B, 1A y 2A. Se colocan a diferentes y el patio tiene una profundidad de 11,70m desde el suelo hasta el último

A la hora de colocar los sensores se cuelga el último de ellos, a 5,85m, desde la fachada de la segunda planta, para ello se ha procedido a abrir un hueco en la llaga entre los ladrillo, ya que era la única forma de que quedarán colgados.

Al ser un patio poco transitado, se colocan el sensor más bajo a 1m ya que nadie va a proceder a tocarlo.

Todos los sensores se colocan en la cara Sur porque es la mejor manera de medir la temperatura ya que allí da más el sol.

LEYENDA PLANTA BAJA  
SITUACIÓN DE LOS SENSORES:  
■ 2A (5,85m)  
■ 1A (3,00m)  
■ 1B (1,00m)



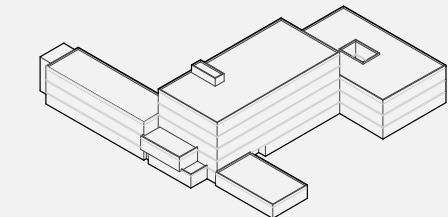
SECCIÓN AA'

EL AAKROUTI OUALI, LAMIA



FIGURA 55. Imágenes de la monitorización de la ETSIE

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

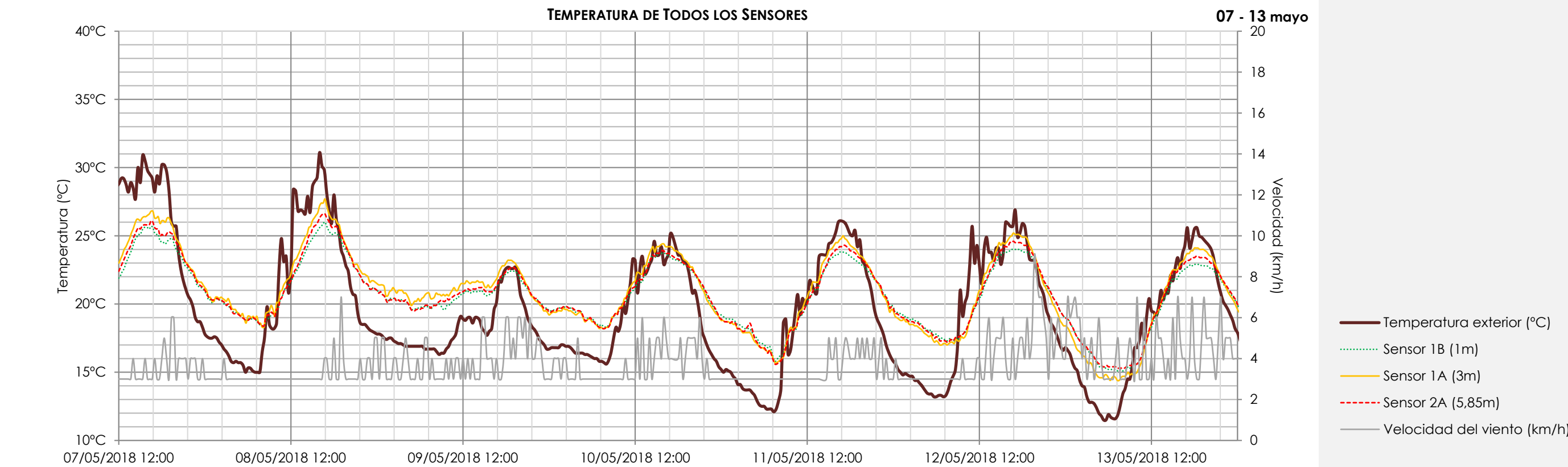


COLOCACIÓN SENSORES  
ETSIE

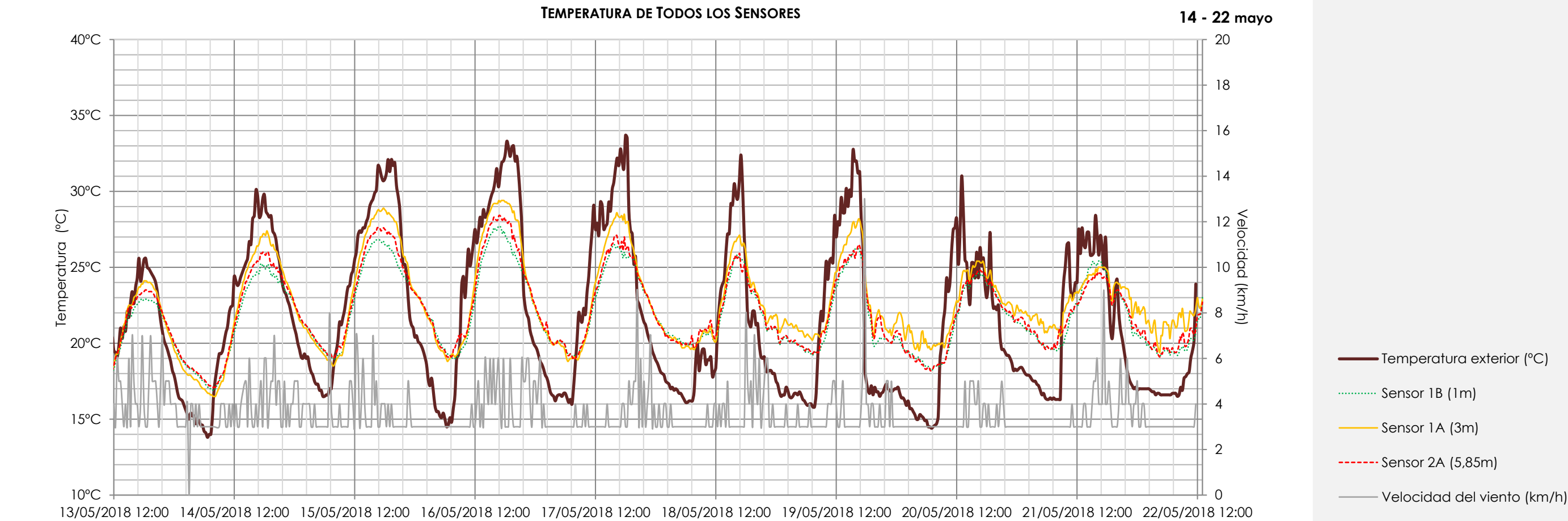
ESCALA 1:150

6\_6\_2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS GRÁFICAS DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN.

En cuanto a la ETSIE, se realiza el mismo proceso que la Facultad de Matemáticas, pero en este caso no se han tomado medias del patio cubierto (con toldo) ya que el patio tiene unas dimensiones muy reducidas y no existe instalado ningún tipo de elemento de protección. La medición se realiza durante 2 semanas, del 7 al 22 de mayo. Por lo tanto, se analiza la temperatura que alcanza el patio en comparación con la temperatura ambiente y de manera que se pretende comprobar el comportamiento pasivo del patio. En las siguientes gráficas, se puede observar las temperaturas del exterior, siendo la máxima de 34°C, y las temperaturas que se alcanza en el patio durante el tiempo de medición, es de una máxima de 29,5°C (a alturas de 1m, 3m, 5,85m).



Viendo ambas gráficas y comparando el comportamiento del patio, se concluye que, al igual que el patio de la Facultad de Matemáticas, actúa como el típico patio Mediterráneo, en el que el objetivo es que la temperatura del patio sea más fresca que la del exterior en los momentos de mayor temperatura. Por ello, no se consigue una gran diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, al no poder realizarse la medición en las épocas más calurosas del año.

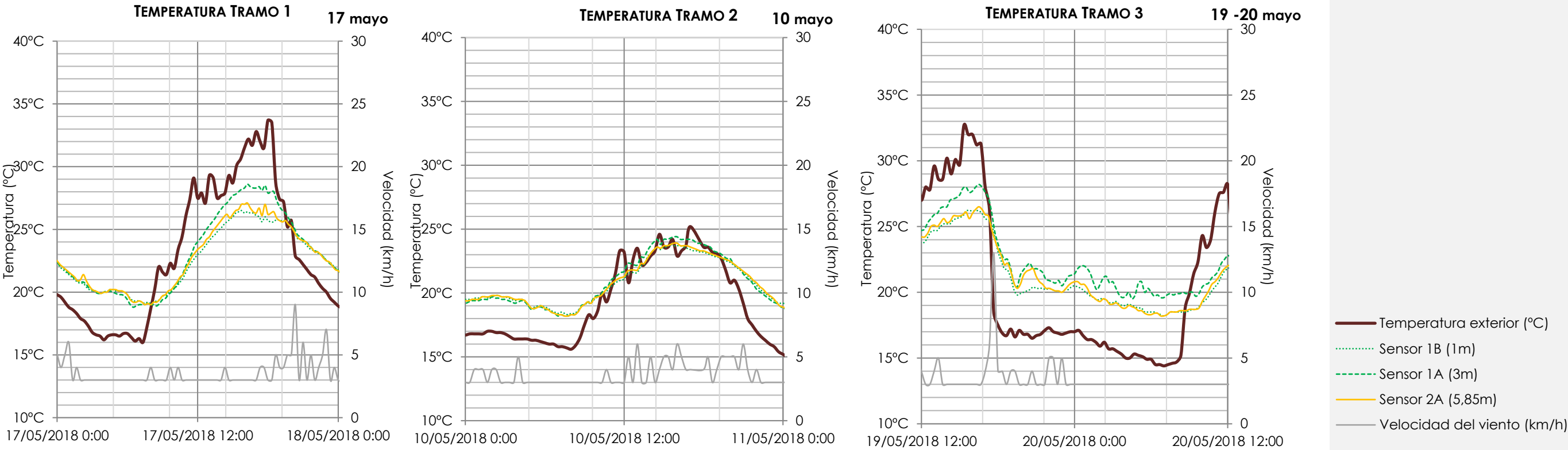


Se resaltan los días con los que se comprueba que el patio es un atemperador térmico. En este caso, se distinguen 3 fases, como se indica a continuación, y en el que se ve como el patio tiene una temperatura inferior al exterior cuando la temperatura es mayor y una temperatura superior al patio cuando la del exterior ronda los 15°C:

Una primera fase de temperaturas que alcanzan 32°C: donde la temperatura ambiente está por encima de la del patio, pudiendo alcanzarse variaciones de temperatura de 4°C (17 de mayo).

Una segunda fase que está en entorno a uno 25°C: en el que prácticamente hay una coincidencia entre la temperatura ambiente y la temperatura que alcanza el patio. Se comprueba el 11 de mayo donde ambas temperaturas coinciden.

Fase con temperaturas en torno a los 15°C: en este caso la temperatura ambiente es inferior a la temperatura del patio.

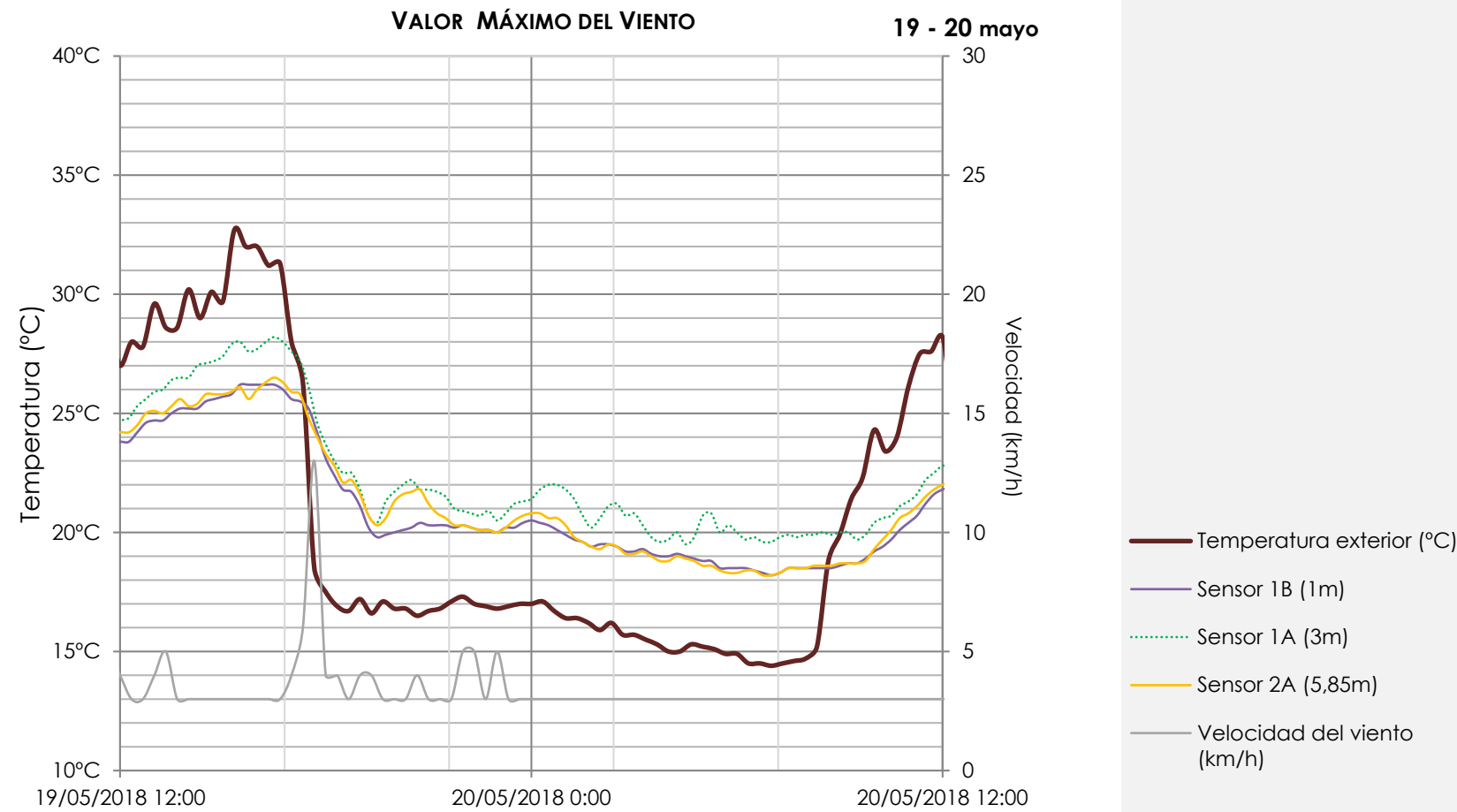


Por otro lado, se comprueba si hay alguna variación en el día donde la ráfaga de viento es máxima. Al igual que los patios de la Facultad de Matemáticas, al existir una velocidad suave del viento (12km/h) no se aprecia un gran efecto del viento en un patio tan profundo (11,70m). Pero se observa como la pendiente de la temperatura exterior decae más rápido que la del patio y el cambio térmico que supone una ráfaga del viento pues no modifica tanto la caída del aire exterior frente a la pendiente del interior. Lo que hace es que la horquilla del ámbito térmico en el caso de la temperatura sea mucho más restringida en el patio (por la noche no hace tanto más frío y durante el día no hace tanto calor). El patio también atempera las modificaciones debida a viento y no solo a temperatura.



FIGURA 57. Ubicación de sensores en el patio 2 de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



Por otro lado, en la ETSIE se resalta como algunos días existe una modificación en la medición del sensor, que es debido a un acto de la actividad humana. Como se indica a continuación, el sensor (2A) ubicado a 5,85m en ocasiones presenta temperaturas inferiores al sensor ubicado a 3m (1A) y mayores al sensor 1B (1m), cuando lo más frecuente en este caso, es que la temperatura del sensor 2A (5,85m) sea superior a los dos sensores que se encuentran por debajo suya (1B y 1A). Como se ha dicho, esto es consecuencia de que el sensor se encuentra a la mitad de la altura de la ventana, situada en un pasillo del edificio, que se encuentra en continuo movimiento, y produce una variación de la temperatura captada por el sensor en el horario de docencia de la escuela, por ello el patio actúa como atemperador térmico siempre que el edificio está vacío.

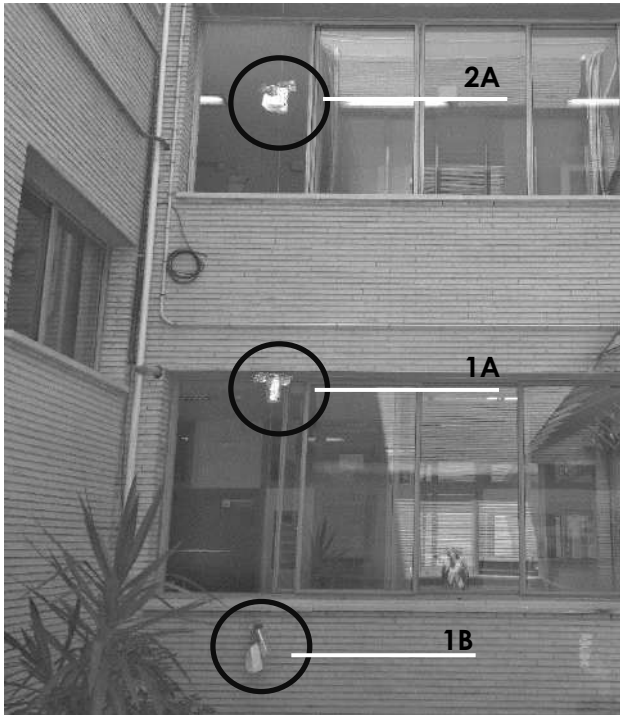
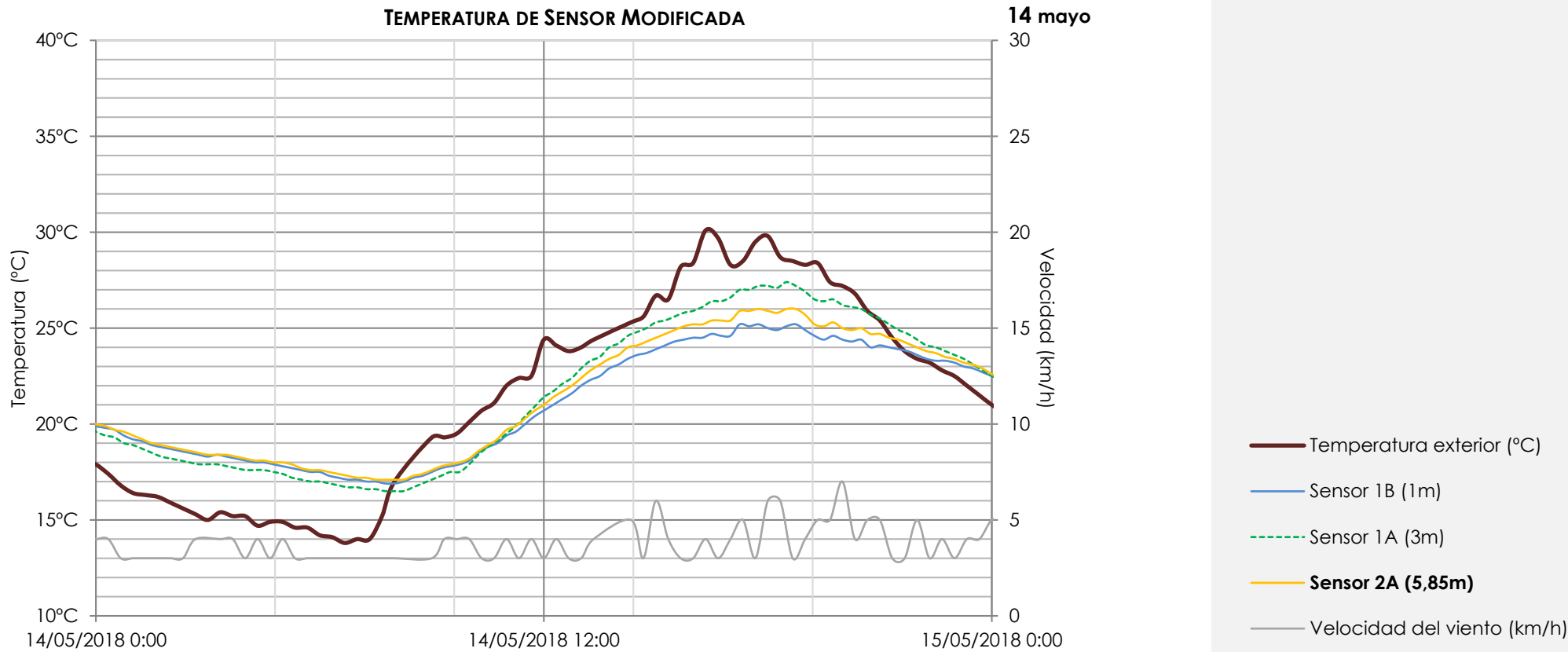


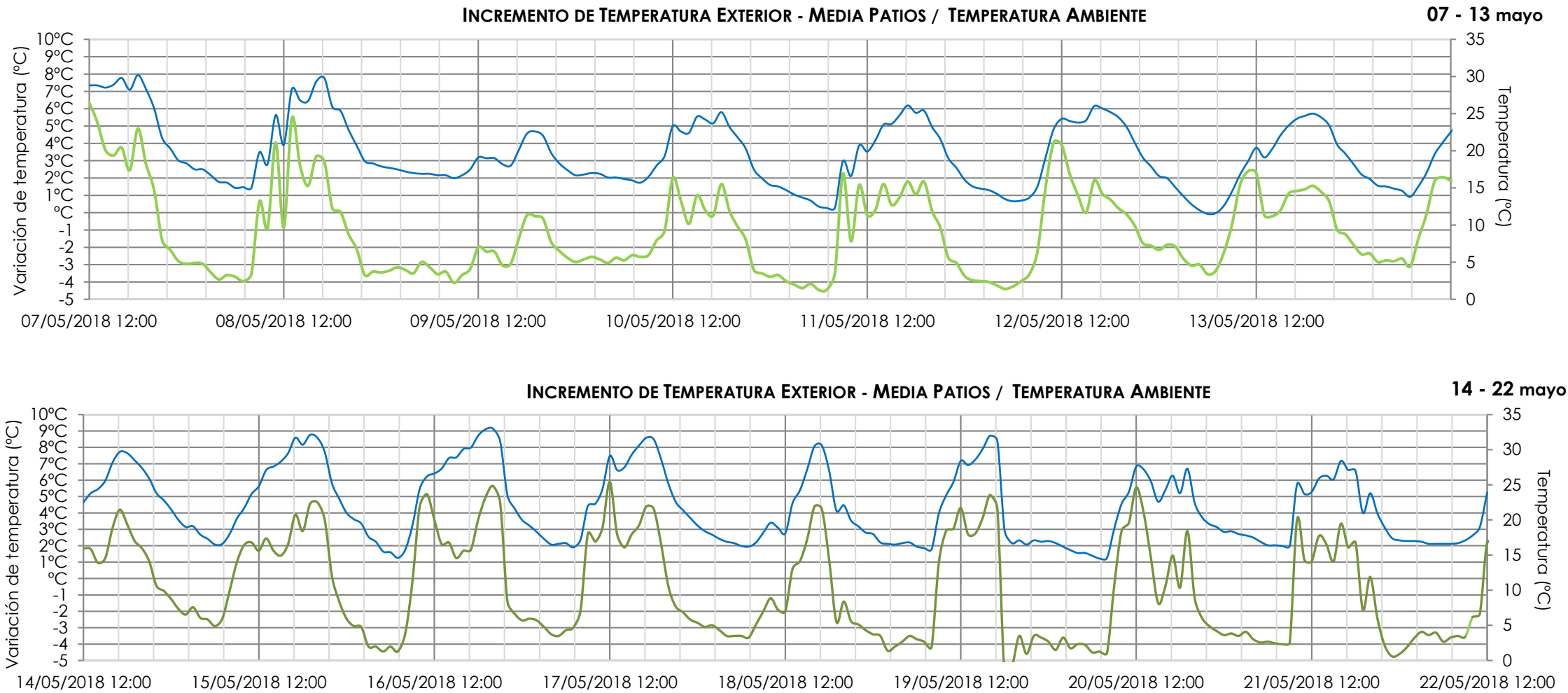
FIGURA 58. Colocación de sensores en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.





Además, se comprueba hasta qué punto es efectivo el patio, y como se ve existe una disminución de la temperatura de 6,35°C en la franja diurna, siendo más baja la temperatura interior del patio y una de 3,85 °C en la franja nocturna, siendo más baja la del exterior.





## 6\_7 COMPARATIVA DE FACULTAD MATEMÁTICAS Y ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

Posteriormente al análisis del comportamiento de cada uno de los patios se realiza una comparativa en la que se ven las variaciones de temperatura de ambos patios con respecto del exterior – **Figura 59** –, y en la que se comprueba que el *Aspect ratio* en estos casos no produce grandes cambios de un patio a otro, siendo un patio (F. Matemáticas) aproximadamente 7 veces más ancho y de la misma profundidad que el otro. Se observa, como ya se ha dicho, a que este tipo de patio no funciona bien en temperaturas bajas.

CENTRO	VARIACIÓN RESPECTO DE T°. EXTERIOR	TEMPERATURA (°C)
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN	Diurna	6,35
	Nocturna	3,85
FACULTAD DE MATEMÁTICAS	Diurna	5,70
	Nocturna	2,50

FIGURA 59. Tabla de variación de temperatura de los patios analizados, con respecto de la temperatura exterior.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



8\_CONCLUSIONES

FIGURA 60. *Patio de curtidurías en la Medina de Fez, Marruecos.*  
FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## 7\_ CONCLUSIONES

### 7\_1 GENERALES

Como conclusión general de este Trabajo Fin de Grado se puede afirmar que, al analizar ambos casos de estudio, se verifica numéricamente que estos patios actúan como elementos atemperadores efectivos respecto de los parámetros térmicos exteriores. Y que, este efecto, se da en proporción directa al incremento de la temperatura ambiente. Se concluye por ello, que los patios, en tanto que sistemas pasivos de acondicionamiento, son tanto más efectivos cuanto más cálido es el clima en el que se ubican.

### 7\_2 ESPECÍFICAS

Respecto a las conclusiones específicas, éstas se centran en los dos casos de estudio analizados en detalle y bajo diversas circunstancias: el de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación (ETSIE) y el de la Facultad de Matemáticas:

En ambos se puede establecer un orden de estratificación térmica por alturas dentro del patio. Estos estratos térmicos sólo se han visto alterados en uno de los niveles en uno de los dos casos de estudio, el de la ETSIE. En este patio se constata que determinados elementos pueden alterar el microclima que existe dentro de los patios, concretamente el comportamiento humano. Esto último se considera al ver que el patio a la altura de 5,85m tiene una temperatura inferior que la temperatura que se mide a los 3m y esto se debe a que existe una ventana a la altura de 5,85m que al ser una ventana que está en constante movimiento pues hace que aumente o disminuya la temperatura que se va tomando el sensor.

Los datos obtenidos de la monitorización de los patios permiten afirmar que, bajo las condiciones climáticas en que ha tenido lugar la campaña experimental, se puede alcanzar una mejora térmica en el interior del patio de casi 6,35°C en el caso del patio de la ETSIE, que es un patio de geometría aproximadamente cuadrada y con un AR de 2 y 1,28.

Reduciéndose esta mejora térmica hasta los 5,7°C en el caso del patio de la Facultad de Matemáticas, el cual es un patio de forma rectangular, con un AR de 0,18 y 0,90.

En el caso de estudio de la Facultad de Matemáticas, aunque no se ha tenido un elemento sombreador (toldo) que cubriese toda la superficie del patio, si se ha dispuesto de los datos necesarios para comprobar el efecto de elementos sombreadores parciales. Analizando el efecto de los mismos sobre la temperatura interior del patio, a pesar de que las condiciones meteorológicas no han posibilitado durante la campaña experimental registrar el efecto de los toldos con alturas temperaturas, se verifica su efectividad al reducir varios grados la temperatura interior del patio en las horas centrales del día.

En ambos casos de estudio, el efecto atemperador térmico se produce tanto de día como de noche – **Figura 61** –. Es decir, la temperatura interior del patio es menos fría que la exterior por la noche y menos calurosa que la exterior durante el día. Este hecho se puede registrar, asimismo, en las lecturas de los estratos térmicos realizadas por sensores colocados a distinta altura (1m, 3m y 5,85-6m). El orden de los sensores, en función de la temperatura medida, se invierte del día a la noche.

Con respecto al distinto *Aspecto ratio* se ha comprobado una cierta influencia de la forma de los distintos patios que, por otro lado, comparten orientación. El patio de la ETSIE con mayor AR modula mejor la temperatura exterior tanto de día como de noche. Previsiblemente estos datos se incrementarían significativamente si las mediciones se realizasen con máximas térmicas superiores.

CENTRO	PERÍODO	TEMPERATURA (°C)
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN	Día	28,6
	Noche	16,7
FACULTAD DE MATEMÁTICAS	Día	29,8
	Noche	14,0

FIGURA 61. Temperaturas máximas de día y mínimas de noche.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.





FIGURA 62. Mezquita de Qarawiyyin en el interior de la Medina de Fez, Marruecos.

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.



## 8\_ BIBLIOGRAFÍA

### 8\_1 REVISTAS

[1] Ortega Gil, José Luis. "Del Patio Andalusi Al Patio Andaluz". PARJAP N°74, 2014. pág. 22-26 (ISSN 1699-3349). (Disponible en <http://www.vivirlosparques.es/index.php/actividades-de-la-aepjp-y-la-red-de-parques-y-jardines/publicaciones-de-la-aepjp/parjap/item/3241-n%C3%BAmero-74-primavera-2014>)

### 8\_2 LIBROS

[2] Maalouf, Amin, 2002. "Arquitectura tradicional mediterránea", Barcelona, pág 32-40 (ISBN 8487104533) (Disponible en [https://issuu.com/asociacionrehabimed/docs/corpus\\_esp](https://issuu.com/asociacionrehabimed/docs/corpus_esp)).

[3] Capitel, A., 2005. "La arquitectura del patio", Barcelona: Editorial Gustavo Gili (ISBN 8425220068). (Disponible en [http://oa.upm.es/35270/1/La\\_arquitectura\\_del\\_patio.pdf](http://oa.upm.es/35270/1/La_arquitectura_del_patio.pdf)).

[4] Benevolo, L., 1990. Historia de la Arquitectura Moderna, Gustavo Gili.

[5] Fernández Rojas, Juan Manuel. "Termodinámica del Patio Mediterráneo: Cuantificación y aplicación al diseño de arquitectura Eco-edificientes".

[6] Chueca-Goitia, F., 1989b. Historia de la Arquitectura Occidental V. Renacimiento, Dossat Bolsillo.

[8] González Tamarit, Luis y Pérez Escolano, Víctor, 1997. "Introducción". Vázquez Gutierrez, Juan, "Arquitectura y clima en Andalucía: manual de diseño", Sevilla Dirección General de Arquitectura y Vivienda, pág. 11-12. (ISBN 8480950951) (Disponible en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/888>).

[9] Gunter, P y Brauneck, P, 2009. "Casa con patio= Preifer, Gunter, Per Brauneck" Barcelona: Editorial Gustavo Fili, DL.

[ 10] González Tamarit, Luis y Pérez Escolano, Víctor, 1997. "La radiación solar como fuente de enfriamiento pasivo, Nuevas tendencias en la simulación arquitectónica". Cabeza Laínez, José María y López de Asiain, Jaime, "Arquitectura y clima en Andalucía: manual de diseño", Sevilla Dirección

General de Arquitectura y Vivienda, pág. 29-31. (ISBN 8480950951) (Disponible en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/888>).

[11] González Tamarit, Luis y Pérez Escolano, Víctor, 1997. "Diseño de arquitectura bioclimática: El nuevo método de simulación ambiental". Cabeza Laínez, José María, "Arquitectura y clima en Andalucía: manual de diseño", Sevilla Dirección General de Arquitectura y Vivienda, pág. 33-37. (ISBN 8480950951) (Disponible en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/888>).

[12] Fernández-Galiano, Luis, 1984. "La casa pasiva. Clima y ahorro energético", Madrid: Hermann Blume, pág 67-74 (ISBN 8472142973).

[13] González Tamarit, Luis y Pérez Escolano, Víctor, 1997. "El análisis bioclimático. Parámetros bioclimáticos". Cabeza Laínez, José María, "Arquitectura y clima en Andalucía: manual de diseño", Sevilla Dirección General de Arquitectura y Vivienda, pág. 71-87. (ISBN 8480950951) (Disponible en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/888>).

[14] Fernández Rojas, Juan Manuel. "Forma, energía y modelos de cálculo: Estudio paramétrico de la termodinámica del patio mediterráneo como herramienta de proyectos ecoeficientes".

[15] Sánchez de la Flor, F. José, Álvarez Domínguez, Servando, D. Fernández-Nieto, Enrique, Chacón Rebollo, Tomás, M. Rojas, Juan, Rivera Gómez, Carlos, Galán-Marín, Carmen. "Proyectar arquitecturas de transición desde una investigación objetiva"

### **8\_3 ARTÍCULOS**

[7] Araujo, Ramón. "El edificio como intercambiador de energía". Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción.

#### 8\_4 OTROS LIBROS CONSULTADOS

Brauneck, Per, 2009 "Casas con patio=Casas-pátio", Barcelona: Editorial Gustavo Gili (ISBN 9788425222719).

DPA13, Diciembre 1997. "Patio y casa", Barcelona: Editorial Editions UPC (ISBN 8483014939) (Disponible en [https://proyectocuatro.files.wordpress.com/2012/07/dpa13\\_patio\\_casa.pdf](https://proyectocuatro.files.wordpress.com/2012/07/dpa13_patio_casa.pdf))

Gonzalo Díaz Recasens, 1989. "Recurrencia y herencia del patio en el movimiento moderno", Sevilla.

#### 8\_5 PÁGINAS WEB CONSULTADAS

[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_es)

<http://www.eltiempo-sevilla.es/el-clima-de-sevilla/>

<https://etsie.us.es/proyecto-nuevo>

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos?k=and&l=5783&w=0&datos=img&x=h24&f=temperatura>



FIGURA 63. *Patio de la Mezquita Attarine Al en el interior de Medina de Fez, Marruecos.*

FUENTE: Lamia El Aakrouti, autora, 2018.

## 9\_ ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Figura 1. <i>A la izquierda la Facultad de Matemáticas. A la derecha la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018).....	2
Figura 2. <i>Vista de las cubiertas de la Medina de Fez, Marruecos</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	7
Figura 3. <i>Mezquita Mulai Driss en la Medina de Fez, Marruecos</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	11
Figura 4. <i>Patio situado en el interior de la Medina de Fez, Marruecos</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018).....	17
Figura 5. <i>Plaza-patio en la medina de Fez, Marruecos</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018).....	19
Figura 6. <i>Plaza-patio en la ciudad de Córdoba, España</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018)...	19
Figura 7. <i>Consumo de energía de los hogares en España según fuentes energéticas</i> (Fuente: IDAE y Eurostat (Recuperado de: <a href="http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf">http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf</a> )) .....	20
Figura 8. <i>Consumo de los hogares en España según fuentes energéticas.</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recuperado de IDAE y Eurostat).....	20
Figura 9. <i>Consumo por uso en España</i> (Fuente: IDAE y Eurostat (Recuperado de: <a href="http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf">http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf</a> )) .....	21
Figura 10. <i>Consumo por uso en España.</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recuperado de IDAE y Eurostat) .....	21

Figura 11. <i>Consumo energético del sector residencial en España</i> . (Fuente: IDEA (Recuperado de: <a href="http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSESEC_ACC_f68291a3.pdf">http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSESEC_ACC_f68291a3.pdf</a> ) .....	21
Figura 12. <i>A la izquierda el planeta tierra en 1978 y a la derecha e planeta tierra en 2012</i> . (Fuente: NASA (Recuperado de: Recuperado de: <a href="https://www.snopes.com/fact-check/nasa-deforestation-images">https://www.snopes.com/fact-check/nasa-deforestation-images</a> ).....	21
Figura 13, 14 y 15. <i>Patio de vivienda en el interior de la Medina de Fez, Marruecos</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018).....	22, 25 y 28
Figura 16. <i>Casa de Salinas, Sevilla</i> (Fuente: Recuperado de Google: 2005 <a href="http://leyendasdesevilla.blogspot.com.es/2014/07/casa-palacio-de-salinas-un-nuevo.html">http://leyendasdesevilla.blogspot.com.es/2014/07/casa-palacio-de-salinas-un-nuevo.html</a> ).....	31
Figura 17. <i>Planta de la casa en la calle Alameda de Hércules, 93, Sevilla, España (según José Ramón Sierra)</i> (Fuente: Antón Capitel 2008) .....	31
Figura 18. <i>Imagen de la antigua Mesopotamia</i> (Fuente: Recuperado de Google: <a href="https://media.up.ltmcdn.com/es/images/8/5/8/img_antigua_mesopotamia_resumen_1858_orig.jpg">https://media.up.ltmcdn.com/es/images/8/5/8/img_antigua_mesopotamia_resumen_1858_orig.jpg</a> ) .....	32
Figura 19. <i>Imagen de las casas del Antiguo Egipto</i> (Fuente: Recuperado de Google: <a href="http://www.arqhys.com/contenidos/fotos/contenidos/Arquitectura-del-Antiguo-Egipto-300x211.gif">http://www.arqhys.com/contenidos/fotos/contenidos/Arquitectura-del-Antiguo-Egipto-300x211.gif</a> ) .....	32
Figura 20. <i>Planta de la ciudad de Delos, Antigua Grecia, sector de los siglos III y II a.C</i> (Fuente: Termodinámica del patio Mediterráneo (Juan Manuel Rojas) .....	33
Figura 21. <i>Patio de la Casa árabe de Córdoba</i> (Fuente: Recuperado de Google: <a href="http://www.casaarabe.es/eventos-arabes/show/jornada-de-puertas-abiertas">http://www.casaarabe.es/eventos-arabes/show/jornada-de-puertas-abiertas</a> ) .....	33
Figura 22. <i>Cuadro resumen de "Aspect ratio"</i> (Fuente: Elaboración propia con datos de la tesis de Juan Manuel Rojas) .....	34
Figura 23. <i>Planta de la "casa con tres patios" de Mies van der Rohe en Berlín (Alemania), 1934</i> (Fuente: Patio y casa. DPA13) .....	34



Figura 24. <i>Planta de una de las casas de la urbanización de Helsingor de Jørn Utzon en Bakkedraget, Dinamarca 1963</i> (Fuente: Patio y casa, DPA13) .....	34
Figura 25. <i>Diagrama bioclimático de Olgyay, 1963</i> (Fuente: Pedro J. Hernández) .....	39
Figura 26. <i>Esquema explicativo tipos de radiación</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018)).....	39
Figura 27. <i>Esquema explicativo del concepto “Aspect ratio”</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018)).....	40
Figura 28. <i>Esquema explicativo de los patrones de flujo de aire</i> (Fuente: Recogido de Google: <a href="http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/">http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/</a> ) .....	41
Figura 29. <i>Gráfica de perfiles longitudinales de velocidad en el plano central.</i> (Fuente: Recogido de Google( <a href="http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/">http://aulagreencities.coamalaga.es/proyectar-arquitecturas-de-transicion-desde-una-investigacion-objetiva/</a> ) .....	41
Figura 30. <i>Patio para ventilación del mercadillo en el interior de la Medina de Fez</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	42
Figura 31. <i>Imagen del patio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática</i> (Fuente: Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	45
Figura 32. <i>Imagen del patio de la Facultad de Biología</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018)).....	45
Figura 33 <i>Planimetría del Campus de Reina Mercedes con indicaciones de edificios, pertenecientes a la Universidad de Sevilla, con patio</i> (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018/ Escala1:4000. Recopilado de Biblioteca ETSAS.) .....	45
Figura 34. <i>Testo-Com Soft Basic 5.0</i> (Fuente: Obtenido de la página de Testo ( <a href="https://www.testo.com/es-ES/servicio_postventa/software_habituales">https://www.testo.com/es-ES/servicio_postventa/software_habituales</a> )).....	46

Figura 35. Imagen del elemento de la estación meteorológica colocado en cubierta. (Fuente: Recogido de Google; <a href="http://meteo.unizar.es/index.php?page=station">http://meteo.unizar.es/index.php?page=station</a> ).....	46
Figura 36. Imagen del aparato de medición interior centro de control (Fuente: Recogido en Google: ( <a href="http://meteo.unizar.es/index.php?page=station">http://meteo.unizar.es/index.php?page=station</a> )).....	47
Figura 37. Imagen del sensor de humedad y temperatura (a la derecha) y sensor de temperatura (a la izquierda). (Fuente: Recogido en Google; <a href="http://mnt.com.co/producto/testo-174h-datalogger-para-temperatura-y-humedad/">http://mnt.com.co/producto/testo-174h-datalogger-para-temperatura-y-humedad/</a> ).....	47
Figura 38. Situación de ciudad de estudio (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Sin escala. Recogido de Google).....	48
Figura 39. Inmisiones atmosféricas en Andalucía: calificación global. Año 2010 (Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.).....	48
FIGURA 40. Gráfica de datos de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018).....	49
FIGURA 41. Planta Campus de Reina Mercedes con indicativo de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de Google Maps).....	49
FIGURA 42. Perspectiva, planta sótano y sección de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	49
FIGURA 43. Planta baja y primera de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	50
FIGURA 44. Planta segunda, tercera y cubierta de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	51
FIGURA 45. Imágenes de la monitorización de la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	52

FIGURA 46. Indicativo de la posición de cada uno de los sensores en la Facultad de Matemáticas (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	52
FIGURA 47. Arriba: Ubicación de sensores en patio 2 en F. Matemáticas, Abajo: ubicación de sensores en patio 3, en F. Matemáticas. (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	58
FIGURA 48. Cronograma de monitorización de la F. Matemáticas. (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	59
FIGURA 49. Gráfica de datos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	61
FIGURA 50. Planta Campus de Reina Mercedes (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018. Recopilado de Google Maps).....	61
FIGURA 51. Imagen abajo a la izquierda: Volumetría de la ETSIE (Fuente: Recogido de Google; <a )<="" a="" href="https://www.google.es/search?q=escuela+t%C3%A9cnica+superior+de+ingenier%C3%ADa+de+edificaci%C3%B3n+sevilla&amp;rlz=1C1OKWM_esES790ES790&amp;source=lnms&amp;tbm=isch&amp;sa=X&amp;ved=2ahUKEwiip5mWsoPbAhVBrQKHVAeCCgQ_AUoA3oECAAQBQ&amp;biw=1366&amp;bih=662#imgc=a5hbzDVDcgx2GM:"> .....</a>	61
FIGURA 52. Perspectiva, planta baja y sección de la ETSIE (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	61
FIGURA 53. Planta primera y segunda de la ETSIE (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	62
FIGURA 54. Planta tercera y cuarta de la ETSIE (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018 / Escala 1:500. Recopilado de Biblioteca ETSAS) .....	63
FIGURA 55. Imágenes de la monitorización de la ETSIE (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	64

FIGURA 56. Indicativo de la posición de cada uno de los sensores en la ETSIE (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	64
Figura 57. Ubicación de sensores en el patio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	68
Figura 58. Colocación de sensores en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	69
Figura 59. Tabla con variación de temperatura de los patios analizados, con respecto del exterior (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	71
Figura 60. Patio de las curtidurías en la Medina de Fez, Marruecos (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	72
Figura 61. Temperaturas máximas de día y mínimas de noche (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	75
Figura 62. Mezquita de Qarawiyyin en el interior de la Medina de Fez, Marruecos (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	76
Figura 63. Patio de la Mezquita Attarine Al en el interior de la Medina de Fez, Marruecos (Fuente: Lamia El Aakrouti, autora, 2018) .....	109

